

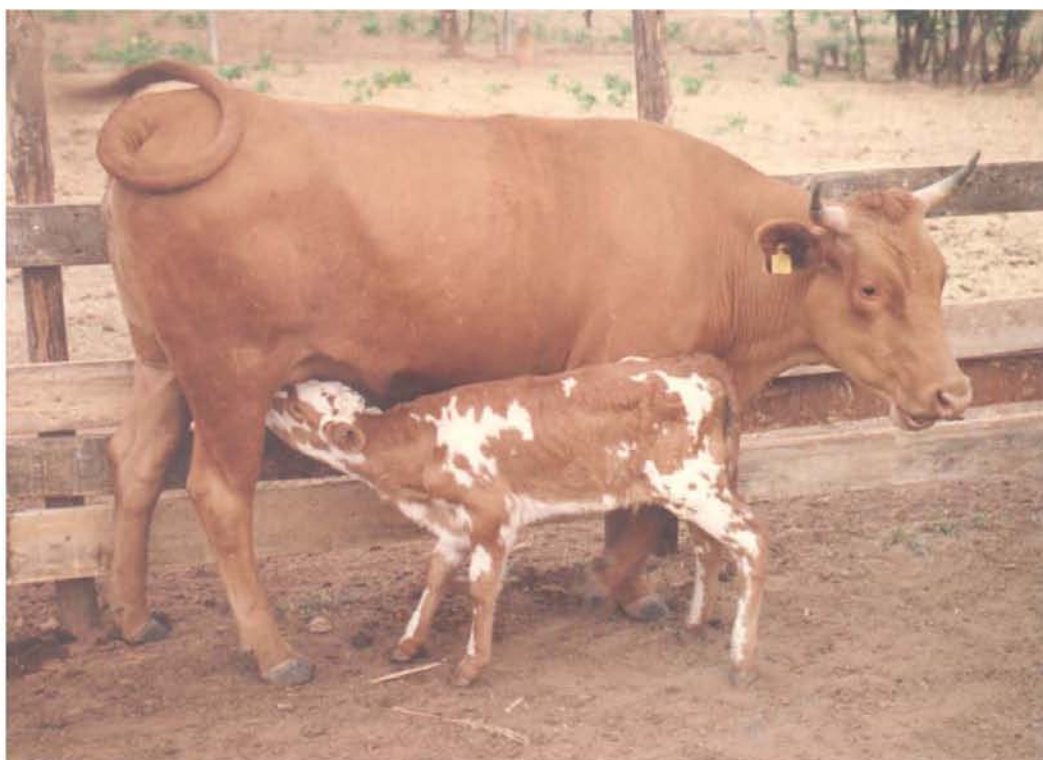


UR 18  
Systèmes d'élevage et produits animaux  
Cirad  
BP 5035 – TA C18/A Baillarguet  
34398 Montpellier Cedex 5

## **INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA REPRODUCTION DES BOVINS DOMESTIQUES**

**Document de travail**

**Par Christian MEYER**



mai 2009

## Sommaire

Résumé et mots-clés	3
Abstract and keywords	4
Introduction	5
<b>I. Le climat et la disponibilité alimentaire</b>	<b>6</b>
<b>II. Les outils de contrôle de la nutrition</b>	<b>8</b>
A. La notation d'état corporel	8
B. La leptine	10
C. Le profil métabolique	11
D. L'urée	11
E. Les hormones de la fonction de reproduction	12
<b>III. Les étapes de la reproduction</b>	<b>14</b>
A. Femelle	14
1. Puberté	14
2. Cyclicité et chaleurs	15
3. Le service (saillie ou insémination), alimentation et fertilité	17
4. Gestation	19
5. Tarsissement (steaming)	19
6. Mise bas (vêlage)	21
7. Post-partum	21
8. Lactation	24
B. Mâle	25
1. Puberté	25
2. Libido	26
3. Sperme et spermogramme (quantité et qualité du sperme)	26
C. Bilan : Nutrition et productivité	27
<b>IV. La couverture des besoins alimentaires</b>	<b>28</b>
A. Eau	28
B. Energie	28
C. Matières azotées	32
D. Eléments minéraux (dont oligo-éléments)	32
E. Vitamines	34
F. Facteurs toxiques et anti-nutritionnels	36
G. Conduite générale de l'alimentation	37
Conclusion	38
Bibliographie	39
Annexes	49

## RESUME

L'alimentation représente un poste économique très important en élevage et elle retentit fortement sur les productions et en premier lieu sur les performances de reproduction chez les animaux d'élevage tels les bovins.

Le climat a généralement un effet important sur ces performances de reproduction, et cet effet est souvent lié aux disponibilités alimentaires.

L'alimentation peut être contrôlée au moyen de **différents outils** tels la notation d'état corporel, le profil métabolique, la leptine et l'IGF-I. La notation d'état corporel est un excellent outil, facile à mettre en œuvre, pour suivre le niveau des réserves corporelles (état d'engraissement) qui dépend de la balance énergétique.

L'alimentation agit sur la reproduction à **toutes les étapes et composantes de la reproduction** des femelles (puberté, cyclicité et chaleurs, saillie ou insémination, gestation, tarissement, post-partum, et lactation) et des mâles (puberté, libido, sperme et spermogramme). Il en résulte une influence sur la production numérique du troupeau. Il existe deux périodes d'alimentation plus sensibles pour la reproduction chez la vache : avant le vêlage (steaming) et surtout autour de la fécondation (flushing).

L'action de l'alimentation sur la reproduction peut aussi être étudiée à partir de chacune de ses composantes : l'énergie, les protéines, les minéraux (dont oligo-éléments) et les vitamines. **Pour chaque composante**, il faut éviter aussi bien les carences que les excès. C'est l'élément le plus éloigné de son optimum qui détermine le niveau de performances de reproduction observé (loi des facteurs limitants). En pays tempérés, des études récentes ont concerné l'utilisation de lipides en complément de la ration des vaches laitières.

## MOTS-CLES

Reproduction, alimentation, bovin

**Feed and reproduction in domestic cattle**  
**Working paper**  
**ABSTRACTS**

Animal feed are economically very important in farming. They highly impact on animal productions and above all on the reproductive performance of farm animals such as cattle.

The climate generally affects the reproductive performance. The effect is usually linked to feed availability.

It is possible to control feeding with different tools such as the body condition note, the metabolic profile, the leptin and IGF-I. The body condition note is an excellent tool, easy to use, to monitor the level of body reserves (fat level) which depends on the energetic balance.

Animals feeds have an effect on reproduction at each stage of reproduction in females (puberty, cyclicity and oestrus, service or insemination, gestation, end of lactation, post-partum, lactation) and in males (puberty, libido, sperm and semen analysis). So there is an effect on the numerical productivity of the herd. There are two feeding periods particularly critical for the reproduction of the cow: before calving (steaming) and above all around fertilisation (flushing).

It is also possible to study the effects of each feed component on reproduction: energy, proteins, minerals (including trace-elements), and vitamins. For each component, deficiencies and excesses must be avoided. The element the farthest from its optimum determines the level of reproductive performance. In temperate countries, recent studies were carried out on the use of lipids to supplement the diet of dairy cows.

**KEY-WORDS**

Reproduction, feed, cattle

## INTRODUCTION

Les performances de reproduction ont une grande importance économique en élevage. Il existe de grands types d'élevage bovin qui sont surtout :

- l'élevage de bovins laitiers (à production laitière faible, moyenne ou forte),
- l'élevage de bovin à viande ou allaitant.

En élevage laitier, il n'y a pas de production de lait sans naissance d'un veau. Plus la production de lait est importante, et plus les problèmes de reproduction peuvent se poser (Brisson *et al.*, 2003). En élevage allaitant, les performances de reproduction sont souvent faibles, limitant la production de veaux (Grimard *et al.*, 2002). Les problèmes de reproduction sont une cause très fréquente d'élimination des vaches dans les deux types d'élevage.

Le coût de l'alimentation représente une forte proportion des coûts de production dans ces élevages. Il est donc important de chercher à limiter ces coûts tout en assurant une production aussi élevée que possible. Ainsi, en élevage allaitant en France, il est plus économique de sous-alimenter les vaches allaitantes en hiver. Le coût de la perte de production est alors inférieur à celui des aliments de complément non distribués (Grimard *et al.*, 2002).

L'alimentation est souvent le facteur le plus important qui joue sur ces performances. Les facteurs limitants de ces performances de reproduction en milieu tropical sont la température, la nutrition et la pathologie surtout (Berbigier, 1988).

Le but de cette synthèse bibliographique est de passer en revue (état de l'art) l'influence de l'alimentation sur la reproduction dans ces grands types d'élevage en pays tempérés comme en pays tropicaux afin d'aider à entrevoir des perspectives de recherche.

## I. LE CLIMAT ET LA DISPONIBILITE ALIMENTAIRE

Le climat tropical agit sur la reproduction surtout par des contraintes liées à la température d'une part et à la pluviométrie (d'où la disponibilité alimentaire) d'autre part (Berbigier, 1988).

La disponibilité alimentaire varie en quantité et en qualité au cours de l'année, en suivant les variations de facteurs climatiques lorsque les bovins sont entretenus sur des parcours naturels et ne reçoivent pas assez de complément alimentaire, particulièrement en pays tropicaux. La disponibilité alimentaire est un élément très important pour le succès de la reproduction (Meyer et Denis, 1999 ; Mulato 1989). En élevage tropical, la sous-alimentation saisonnière est fréquente.

Ainsi le mois du vêlage a une influence sur le moment de la puberté, sur l'intervalle vêlage- reprise de l'activité ovarienne et sur la fertilité.

Au nord du Sénégal, la saison des pluies dure 5 mois, avec un maximum en août et septembre. (août à novembre). Le début de la saison des pluies, avec reprise du poids, est favorable à la fertilité. C'est la saison la plus favorable à la monte chez le zébu. Quand le vêlage a lieu en début de saison des pluies, il n'est pas utile de supplémenter la mère, mais seulement le veau pour le mener au sevrage. En cas de mise bas en début de saison sèche, la supplémentation de la mère et du veau sont à envisager (Denis et Thiongane, 1975). Chez les zébus en Afrique, par exemple au Mali, les fécondations ont lieu surtout en début de saison des pluies pendant laquelle la disponibilité d'aliments est maximale. Plus le climat est sec, plus la saisonnalité est marquée (Berbigier, 1988 ; Wilson 1985). En effet, en début de saison des pluies, surtout s'il y a des repousses après feux, la végétation est très favorable à l'alimentation des bovins ; par contre, en saison d'hivernage, elle est riche en cellulose et peu digestible.

En régions soudanienne et guinéenne de l'Afrique, les fécondations des bovins trypanotolérants (Baoulé par exemple) sont centrées sur le milieu de la saison sèche, la partie fraîche de la saison sèche (janvier, février et mars). Cela correspond à des saillies faites au moment des repousses de l'herbe après des feux pratiqués en début de saison sèche. Dans cet élevage extensif, il existe une variation importante quantitative et qualitative du disponible alimentaire (Landais 1983). Malgré un complément alimentaire de son de blé, graines de coton et pierre à lécher, et de paille de riz en saison sèche, la saison intervient sur la cyclicité, en relation avec le disponible alimentaire : 91 % des bovins Baoulés sont cyclés en saison sèche et fraîche contre 50 % en saison pré-pluvieuse, chaude et humide au Burkina Faso. En période chaude et humide, la ration alimentaire est la plus mauvaise ou les animaux réduisent leur ingestion et les résultats de reproduction moins bons (Chicoteau, 1990).

En Guadeloupe, les vêlages des vaches Créoles ont lieu toute l'année, mais avec un pic de fécondations entre août et novembre, lié à la pluviométrie. Les vaches sont plus fécondes en début de saison humide, en période de bonne disponibilité alimentaire et de reprise de poids. Ces vaches créoles sont plus sensibles aux

problèmes alimentaires qu'aux problèmes de fortes températures (Gauthier et Xande, 1982).

Mais en cas d'excès de pluies, comme en Guyane (avril à juin), le fourrage est saturé en eau, moins nutritif et la fécondité est moins élevée qu'en saison sèche. Certains éleveurs, pour des raisons sanitaires, pratiquent le retrait du taureau dans les lots de femelles d'août à octobre, pour éviter les vélages au pic de pluviométrie (Huguenin J., 2006, communication personnelle).

Ainsi, la saison intervient souvent par la pousse de l'herbe, et par la qualité nutritionnelle de l'herbe.

D'autres facteurs interviennent aussi :

- l'eau d'abreuvement disponible, en relation forte avec le niveau d'ingestion,
- la diversité du fourrage offert, en relation avec l'appétibilité,
- l'appréhensibilité de la végétation qui doit être accessible.

Il faut remarquer qu'en plus des aliments disponibles, ce qui compte, c'est ce qui est ingéré par l'animal. La préférence alimentaire ou ingestibilité liée à l'appétibilité intervient. Cette ingestibilité varie de 45 à 80 g de MS par kg de poids métabolique pour les fourrages soudano-sahéliens (Cirad/Gret/MAE, 2002). Ainsi, après les feux de brousse, l'herbe jeune qui repousse est à la fois très appétente et très nutritive. La fertilité des vaches est augmentée. Cela se traduit par un pic de mises bas 9 mois après (Landais 1983).

Il existe une ou des périodes de l'année plus favorables à la reproduction : favorables à la fécondation des vaches d'une part, et à la survie des veaux d'autre part. Lorsque les bovins n'ont pas été fécondés pendant une saison favorable, il leur faut attendre une autre période de l'année favorable avant de pouvoir être fécondés, d'où des intervalles entre vélages souvent proches de 1,5 ans et de 2 ans.

En conclusion, pour les bovins tropicaux, le climat agit souvent sur la reproduction par **un déficit de disponibilités alimentaires en saison sèche**. Dans les climats trop humides, c'est au contraire en saison des pluies que les aliments gorgés d'eau ont une faible valeur alimentaire (Berbigier, 1988).

## II. LES OUTILS

### A. La notation d'état corporel

La note d'état corporel est utilisée en complément des autres notes de conformation pour estimer globalement l'équilibre nutritionnel des animaux. Elle reflète bien le niveau des réserves corporelles. Celles-ci sont constituées par des lipides surtout, des protides et des minéraux. Elles sont mobilisées lors de la mise bas, la lactation, lors de périodes d'alimentation difficiles (hiver ou saison sèche, etc.) (Cléradin, 2001). Elle est plus commode à utiliser que le poids. Le poids vif et les réserves corporelles varient pendant gestation et lactation. C'est un bon critère pour juger de l'alimentation a posteriori. Le niveau alimentaire peut être adapté en fonction de cette note.

Bazin (INRA) a publié une **grille de notation** de l'état d'engraissement des *vaches Pie noires* (Bazin, 1984). Edmonson *et al.* en ont publié une autre (notes ente 0 et 5) basée sur 8 sites anatomiques (Edmonson *et al.*, 1989).

Ces grilles ont été adaptées aux bovins tropicaux, par exemple :

- aux vaches N'Dama (figure 1),
- aux zébus Soudanais (Vall *et al.*, 2002),
- aux vaches Créoles (Frantz, 1988).

Sur un plan pratique, l'état nutritionnel de la vache peut se caractériser par une appréciation de son état général au moyen d'une **notation de l'état corporel** qui est en relation étroite avec l'état de ses réserves en graisses. Cet état peut varier d'un état de vache cachectique à un état pléthorique ; les notes sont sur une échelle de 0 (animal très maigre) à 5 (vache très grasse). Ces notations se font par observation visuelle des animaux, notamment pour les animaux peu dociles, et pour certaines races par palpation des manèges. Les manèges informent sur la localisation des graisses. Les sites d'observation et de palpation sont principalement la région lombaire. Sont observés : la base de la queue, la pointe des fesses, le ligament sacro-tubéral, le détroit caudal, l'épine dorsale, la pointe de la hanche et les apophyses transverses et épineuses des vertèbres. Une note est donnée avec vue par l'arrière (note « arrière »), une autre avec vue par le profil (note « flanc ») et on garde la moyenne de ces notes. Une notation par mois paraît suffisante (Meyer, 2002).

Les variations de l'alimentation (l'offre comme l'appétit) sont souvent liées à celles du climat. La stratégie est de bien nourrir pendant les périodes les plus critiques. Le poids vif immédiatement après vêlage est le paramètre le plus important. Il intervient sur la production laitière et donc sur la croissance des veaux jusqu'au sevrage, sur le moment de la reprise des cycles sexuels et donc sur l'intervalle entre vêlages, etc. Il y aurait pour chaque vache un poids critique en dessous duquel elle ne peut concevoir. Les vaches avec une note de condition corporelle moyenne ont une meilleure performance que celles qui sont trop maigres ou trop grasses. La sous-nutrition retarde la puberté par inhibition de la sécrétion pulsatile de LH (Meyer et Denis, 1999).





Figure 1 : La note d'état corporelle chez le taurin N'Dama (dessin de Faye Bernard)

Un surengraissement en énergie aboutit à des femelles trop grasses (syndrome de la vache grasse) et à des performances de reproduction sont moins bonnes. (Voir le chap. sur l'énergie).

Selon les auteurs, la note optimale est :

- 2,5 au minimum à la saillie pour des bovins à viande, 2 à mi-gestation et 3 au vêlage (Kilkenny, 1978),
- 3 à 4 au moment du vêlage et pas de diminution supérieures à 1 pour la vache laitière en Europe (Gillund, 1997),
- 3 à 3,5 chez le zébu avec un seuil à 2,5 (Vall *et al.*, 2002 ; Vall et Bayala, 2004).

Il est important de considérer non seulement la valeur de la note d'état corporel, mais aussi son **évolution dans le temps**, sa dynamique. La vache est-elle en état stationnaire, en accumulation de réserves énergétiques ou en déficit ?

Au niveau du troupeau, pour les vaches N'Dama, les variations du **taux vaches grasses / vaches maigres** en gestation ou non sont à considérer pour adapter la stratégie alimentaire. Ainsi, si la proportion de vaches grasses non gravides augmente, la productivité numérique et la production de lait augmentent (Ezanno, 2005).

## B. La leptine

(ethymologie : du grec *leptos*, mince, maigre) C'est une protéine et une hormone. C'est un polypeptide à 166 acides aminés de la famille des cytokines. Cette hormone est sécrétée par les adipocytes (tissu adipeux), l'épithélium gastrique et le placenta. Son niveau sanguin reflète la balance énergétique de l'organisme. Son niveau est plus bas si la balance énergétique est négative. Elle permet à l'organisme d'estimer le niveau de ses réserves en lipides, et elle régule l'appétit, et donc la prise de nourriture et le poids corporel. C'est un signal pour les adaptations comportementales, endocrines et métaboliques pour restaurer l'homéostasie. Ses récepteurs sont situés dans l'hypothalamus, l'hypophyse, d'autres parties du cerveau et dans les gonades (ovaires ou testicules). Son taux plasmatique est très élevé en fin de gestation et minimal après le vêlage de la vache. La déficience en leptine (mutation de gènes par exemple) ou en ses récepteurs rend les animaux obèses et infertiles.

La leptine pourrait participer au contrôle nutritionnel de la reproduction, ainsi que d'autres hormones comme l'insuline, et que le glucose... On constate que la synthèse de leptine diminue quand la taille des adipocytes diminue et vice-versa (Chemineau *et al.*, 1999 ; Chilliard *et al.*, 1999 ; Chilliard *et al.*, 2000 ; Leifers *et al.*, 2003 ; Leifers *et al.*, 2005). Chez la vache laitière, l'insuline régule le taux plasmatique de leptine (Block *et al.*, 2003a). Mais le moment de la puberté ne dépend pas de l'augmentation du taux de leptine qui se produit vers l'âge de un an (Block *et al.*, 2003b).

Les vaches les plus grasses ont une concentration en leptine plus élevée en fin de gestation, une chute plus importante au vêlage et une reprise plus forte après. Elles

mobiliseraient plus leurs réserves énergétique que les autres vaches (Kokkonen *et al.*, 2005). La remontée du taux de leptine après vêlage semble dépendre de la durée de la balance énergétique négative. Une forte concentration en leptine après vêlage, reflet de la balance énergétique (plus de 4 ng/ml) est associée à un **retour plus rapide des chaleurs exprimées**, mais pas avec la reprise de l'activité lutéale. La concentration en leptine pourrait être liée à l'expression de l'oestrus (Leifers *et al.*, 2003).

### C. Le profil métabolique

C'est un histogramme qui représente les résultats d'une batterie de dosages de constituants sanguins importants effectués sur un animal ou sur un groupe d'animaux. Chaque résultat est figuré par l'écart réduit par rapport à la moyenne. Il est interprété par rapport à un profil étudié sur un grand nombre d'animaux et considéré comme normal.

Les constituants dosés peuvent être :

- protéines totales,
- albumine,
- globulines,
- glucose ,
- urée,
- hématocyte,
- différents minéraux (Cottureau *et al.*, 1977).

Nous venons de voir que l'albuminurie est liée à la fécondité de la vache. Nous verrons plus loin que beaucoup d'autres constituants interviennent aussi : urée, glycémie, matières azotées, minéraux, etc. Souvent plusieurs constituants interviennent ensemble.

### D. L'urée

Le **taux d'urée** dans le sang ou **dans le lait** est un indicateur de l'efficacité d'utilisation de l'azote des aliments. Le taux d'urée peut servir d'outil nutritionnel. Le moment du prélèvement par rapport aux repas est important. En pratique, le dosage se fait à partir du lait prélevé à l'heure de la traite. Parfois, le lait de 2 traites est mélangé.

Un taux optimal est de **10 à 16 mg/dl**. Lorsque le taux d'urée est élevé, beaucoup d'études ont relevé une baisse des performances de reproduction. Cet impact est d'autant plus important que les vaches présentent un bilan énergétique négatif ou une pathologie comme une métrite (Brisson *et al.*, 2003).

Par exemple, d'après Staples et Thatcher (2001 cités par Brisson *et al.*, 2003) sur 10 études portant en tout sur 952 vaches laitières, le taux de conception a été en

moyenne de 65 % (41 à 82 %) et le taux d'urée de 14 mg/dl (de 9 à 25) lorsque le taux de protéines brutes était modéré (de 13 à 17%) et il a été en moyenne de 53 % (30 à 61 %) et le taux d'urée de 22 mg/dl (de 15 à 32) lorsque le taux de protéines brutes était élevé (de 19 à 21%).

De même, sur 155 vaches laitières, le taux de conception a été de 68,2 % lorsque le taux d'urée du lait était inférieur ou égal à 19 ng/dl et de 46,8 % lorsque le taux d'urée du lait était supérieur à 19 ng/dl (Butler *et al.*, cités par Brisson *et al.*, 2003).

Chez 150 bufflesses, le taux de gestation après insémination artificielle a été meilleur lorsque la concentration en urée dans le sang était inférieure à 6,83 mmol par litre (Campanile *et al.*, 2006).

### E. Les hormones de la fonction de reproduction

Les principales hormones intervenant dans la régulation de la reproduction de la vache sont rappelées dans la figure 2 en annexe.

La sous-alimentation se traduit par une diminution de la fonction lutéale. Chez le zébu, la **sécrétion de LH** est diminuée en fréquence et en amplitude. La réponse de l'ovaire aux stimulations hormonale est aussi diminuée (Mukasa-Mugerwa, 1989). Ainsi, Imakawa *et al.* (1986) constatent une relation positive entre les changements de poids du corps et la concentration et l'amplitude des pulses LH mais pas avec la fréquence des pulses de LH.

L'action de l'alimentation sur la sécrétion pulsatile de LH est un bon indicateur. Cette action est réversible en cas de retour à une bonne alimentation, de manière très rapide (Knobill et Neill, 1988).

La sous-nutrition agirait surtout au niveau de l'axe hypothalamo-hypophysaire par réduction des sécrétions d'hormones gonadotropes (Haresign, 1984). L'anoestrus est très lié à la réduction des pulses de l'hormone LH. L'action de la sous-nutrition sur la sécrétion de GnRH puis sur la sécrétion pulsatile de LH se ferait surtout par l'intermédiaire des peptides opioïdes endogènes (EOP), du neuropeptide Y (NPY) et de la leptine (qui est en relation avec le tissu adipeux) sur le cerveau et aussi du glucose sur l'hypothalamus. Les IGF-I, régulés par le foie, agiraient directement sur les follicules ovariens. L'insuline, en plus de son action sur l'hypophyse antérieure, régule la réponse des ovaires aux hormones gonadotropes. Ces nombreuses hormones agissent lors de sous-nutrition afin de maintenir le milieu intérieur (homéostasie), et d'assurer les fonctions du corps. La disponibilité en molécules énergétiques (glucose, etc.) aurait un rôle clé pour l'action de l'alimentation au niveau du système nerveux central. (Diskin *et al.*, 2003 ; Chilliard *et al.*, 1998). (Figure 3).

Les IGF (insulin-like growth factors) sont des facteurs de croissance (ou hormones) peptidiques proches de l'insuline. Ce sont des médiateurs circulants de l'hormone de croissance. Ils stimulent la différenciation des tissus du fœtus et la prolifération des cellules. Ils semblent avoir un rôle clé dans la folliculogénèse chez les mammifères.

Pendant les cycles oestriques, des vagues de follicules se succèdent tous les 7 à 10 jours. Pour chaque vague, le follicule le plus avancé devient dominant et continue à croître alors que les autres follicules stagnent ou régressent. Le taux plasmatique d'IGF-I est en relation avec le niveau d'ingestion et l'état corporel. Lors de restriction alimentaire, le taux d'IGF-I diminue progressivement entre le début de la restriction et le début de l'anoestrus. Inversement, quand l'alimentation normale est rétablie, lors de la réalimentation, le taux d'IGF-I remonte linéairement jusqu'au retour de l'ovulation (Figure 4).

Les vaches laitières viendraient en anoestrus après avoir perdu 22 à 24 % de leur poids initial. (Diskin *et al.*, 2003).

Certains auteurs ont constaté un **niveau de progestérone** moyen pendant le cycle plus élevé chez les vaches fertiles que chez les autres (Martinez *et al.*, 1984). Par contre, si l'insémination est faite alors que le niveau de progestérone est encore élevé, la fertilité est faible ; l'insémination n'étant pas faite au bon moment par rapport à l'ovulation.

L'alimentation de génisses laitières Holstein à 80 % des besoins du NRC en énergie et en protéines tend à diminuer la concentration en progestérone pendant le dioestrus sans altérer celle de LH (Knutson et Allrich, 1988).

La sous-alimentation et la mobilisation des réserves corporelles se traduisent par une baisse de la glycémie, de l'**insulinémie** et des concentrations circulantes d'IGF-1 (Grimard *et al.*, 2002).

Il résulte de ces données que le dosage de l'IGF-I pourrait aussi être un bon indicateur de l'état de sous-nutrition du corps, en relation avec l'anoestrus. Mais cette hormone est maintenant difficile et chère à doser, donc cela est peu pratiqué.

### III. LES ETAPES DE LA REPRODUCTION

#### A. Les étapes de la reproduction chez la femelle

##### 1. La puberté des génisses

Plus la puberté est précoce, plus tôt il est possible de mettre les femelles à la reproduction. C'est pourquoi ce caractère a une grande importance économique, même si parfois les femelles doivent être mises à la reproduction un peu plus tard qu'après la puberté, au moment de la nubilité, âge optimal de première mise à la reproduction (en général lorsqu'elles atteignent les 2/3 du poids vif adulte de la race).

La puberté peut être définie de plusieurs manières :

- d'après le comportement : première apparition des chaleurs (oestrus),
- d'après l'anatomie : première ovulation, puis premier corps jaune sur un des ovaires,
- d'après les hormones : moment où le taux de progestérone dans le sang dépasse un taux limite : 0,5 ng/ml ou 1 ng/ml selon les auteurs.

De nombreuses observations ont montré que **le poids** est souvent plus déterminant que l'âge pour l'apparition de la puberté (Rattray, 1977). L'âge à la puberté est donc influencé par le niveau alimentaire qui joue sur la croissance. La puberté est liée à l'année, au mois de naissance, à la pluviométrie pendant la période de croissance et à la supplémentation pendant la saison sèche.

Ainsi, la puberté serait retardée en cas de sous-alimentation. En race Baoulé, au Burkina Faso, la puberté était corrélée à la croissance :

- corrélation entre le GMQ 0-12 mois et l'âge à la puberté : coefficient 0,75,
- corrélation entre le GMQ 6-12 mois et l'âge à la puberté : coefficient 0,57. (Chicoteau *et al.*, 1990).

Un **poids minimal** devrait être atteint pour que la puberté se produise. Les animaux qui ont une **croissance plus rapide** atteignent la puberté plus tôt que ceux qui croissent plus lentement (Kirkwood *et al.*, 1987).

Par contre, Il n'y aurait pas de poids critique ou de composition corporelle critique chez les génisses à viande pour la puberté (Brooks *et al.*, 1985).

Chez les génisses Créoles, il existe un gain moyen quotidien minimal (**GMQ**) pour favoriser l'apparition de l'oestrus, sinon les génisses restent en anoestrus (Gauthier et Thimonier, 1982).

L'hétérosis intervient aussi. Les génisses croisées ont une croissance plus rapide et sont pubères plus jeunes (Wiltbank *et al.*, 1969). Ainsi, en station à Bouaké (Côte

d'Ivoire), les génisses Jersey x N'dama complémentées ont été beaucoup plus précoces (50 % à 14,5 mois) que les N'dama pures complémentées (50 % à 30 mois) pour un poids à la puberté comparable (vers 175 kg soit 60 % du poids adulte des N'dama) (Figure 5). (Meyer *et al.*, 1992)

Les variations saisonnières de la puberté (variation de l'âge à la puberté en fonction du mois de naissance) seraient liées à des facteurs nutritionnels et génétiques, mais aussi aux variations de la photopériode, transmises par la rétine et par la glande pinéale. En Europe, les vêlages de printemps et d'été sont plus fréquents qu'en automne et en hiver (Hansen, 1985).

La sous-nutrition retarde la puberté par ***inhibition de la sécrétion pulsatile de LH*** (Hansen, 1985 ; Gauthier et Thimonier, 1982 ; Imakawa *et al.*, 1986a)

Inversement, une ***augmentation du niveau alimentaire pendant la croissance*** diminue l'âge à la puberté. Mais les vaches mieux alimentées atteignent la puberté avec un poids un peu plus élevé. Ainsi, dans un essai avec 3 GMQ entre 7 et 12 mois : 230, 450 ou 680 g/j conduit sur 89 génisses croisée Angus x Hereford ou Hereford x Angus, la puberté a eu lieu à 433 jours, 411 jours ou 388 jours et à 238 kg, 248 kg ou 259 kg (Short et Bellows, 1971).

La distribution d'un complément alimentaire équilibré à des génisses zébus Gobra au Sénégal dès la naissance a ***beaucoup avancé l'âge au premier vêlage*** (14 mois de moins que le troupeau tout venant et 5 mois de moins que le troupeau témoin), mais peu amélioré l'intervalle entre mises bas (14 mois au lieu de 15 mois, non significatif avec des lots de 24 animaux) et la production de lait (Denis et Thiongane, 1978).

Il existe ***un gain moyen quotidien minimum*** pour favoriser l'apparition de l'oestrus, sinon les génisses restent en anoestrus.

Selon Haresign (1983), la nutrition énergétique pendant les 2 premiers mois d'âge est particulièrement critique d'où l'importance d'un bon démarrage de la lactation de la mère. L'année, le mois de naissance, la pluviométrie pendant la période de croissance et la supplémentation en saison sèche sont les facteurs les plus importants qui agissent sur l'âge à la puberté (Galina et Arthur, 1989a).

En conclusion, il convient de veiller à une bonne alimentation des génisses pendant leur croissance pour ne pas retarder leur puberté.

## **2. Cyclicité et chaleurs**

Même lorsque l'activité sexuelle peut se produire toute l'année, elle connaît des variations saisonnières pouvant être liées à la disponibilité alimentaire (voir plus haut). L'herbage jeune et frais comporte des nutriments favorables à la montée des oestrogènes des vaches. Cela peut être interprété comme un moyen de défense de l'organisme de la vache ce qui évite la gestation quand l'alimentation est insuffisante pour couvrir les besoins de l'organisme.

La cyclicité est souvent **en relation avec le poids des vaches** (Chicoteau 1999 ; Gauthier et Thimonier 1982). A un moment donné, le plus souvent, le pourcentage de femelles cyclées augmente avec la classe de poids des vaches (Gauthier et Thimonier 1982). En race Baoulé et N'Dama, la proportion de vaches cyclées varie **selon la catégorie de poids** (Chicoteau, 1989) ou, ce qui revient au même, la reprise de cyclicité post-partum dépend de la catégorie de poids (Yesso *et al.*, 1991). En station, un coefficient de corrélation de 0,8 a été trouvé entre le pourcentage de vaches en chaleur et le poids moyen en fin de mois sur des vaches suivies toute une année (Meyer et Yesso, 1988).

Il existe parfois un gain moyen quotidien en dessous duquel les femelles sont en anoestrus : 90 g pour les génisses Créole (Gauthier et Thimonier 1982). De même, il existe parfois un seuil de poids en dessous duquel les femelles ne sont pas cyclées : 185-190 kg pour les vaches Baoulé et 220 kg pour les vaches N'Dama (Chicoteau, 1991). Les vaches redeviennent cyclées après vêlage lorsque le poids est suffisamment en augmentation (Richards *et al.*, 1989).

Chez les zébus mal alimentés, la **durée de l'oestrus** et de la maturation folliculaire peuvent être très courts, par exemple un oestrus de une heure et demie a pu être observé au Kenya en 1936 (Paparella, 1974). De même, la durée de l'oestrus des vaches Baoulé ( $10,7 \pm 5,1$  h) a été trouvée en relation significative avec leur poids avec  $P < 0,025$  (Chicoteau *et al.*, 1989). Lors de déficit énergétique important, on aboutit à des chaleurs silencieuses ou à des ovulations retardées (Enjalbert, 1994).

Rappelons que les bovins ont un oestrus plus court en milieu tropical. Les races européennes ont une durée d'oestrus moyenne de 18-19 heures en milieu tempéré et de 12 heures en cas de stress thermique en milieu tropical. Les chaleurs des zébus et des taurins tropicaux (N'Dama et Baoulé) durent environ 10 heures en moyenne. En plus de la relation avec le poids, Chicoteau (1989) signale une corrélation négative entre le comportement de chaleur et la température ambiante. Nous avons vu que la concentration en leptine pourrait être liée à l'expression des chaleurs (Leifers *et al.*, 2003).

Le stress thermique agit sur la durée des chaleurs probablement de plusieurs manières :

- en augmentant l'ACTH qui bloque le comportement d'oestrus,
- en diminuant les concentrations d'oestradiol 17 bêta,
- en rendant l'animal léthargique (Hansen et Aréchiga, 1999).

Sur 878 vaches à viande dans 60 troupeaux en France, les facteurs significatifs en relation avec l'**anoestrus** étaient : parité, race, attache, allaitement, exploration manuelle de la filière pelvienne, **note d'état au vêlage (3 ou moins) et baisse de la note d'état après vêlage (de 1 point ou plus en 2 mois)**. La modification de poids estimée par le périmètre thoracique n'était pas liée à l'anoestrus (Ducrot *et al.*, 1995).

L'activité lutéale déterminée par dosage de progestérone était de 42 %, 71 % et 87 % pour les vaches ayant des **notes d'état corporel** de  $\leq 4$ , 5 et  $\geq 6$  avec une notation de 0 à 10 (Tinker *et al.*, 1989). En Grande-Bretagne, l'auteur propose de **ne**



**pas descendre en dessous de la note 2,5 au moment de la période de reproduction** de bovins à viande pour assurer une bonne reproduction. L'IMB augmente passant de env. 364 j (note 2,5 ou plus) à 382 j (note 2) et 418 j (note 1 à 2) au dessous. La note souhaitable est 2 à mi-gestation et 3 au vêlage (Kilkenny, 1978).

### 3. Le service (saillie ou insémination), alimentation et fertilité

La nutrition pendant une période assez longue et ses effets sur le poids du corps et sur la condition corporelle paraissent le principal facteur de la fertilité chez la vache. La nutrition intervient aussi à court terme : l'état corporel au moment du service (saillie naturelle ou insémination artificielle) est très important pour la fertilité. Les femelles les plus fertiles sont celles qui sont en phase de reprise de poids au moment du service. Les vaches qui **prennent du poids** au moment du service ont un taux de conception supérieur à celui des vaches qui perdent du poids. L'alimentation en dessous des besoins peut entraîner de l'anoestrus avec ou sans ovulation (Ratnay, 1977 ; Brisson *et al.*, 2003).

Le **flushing**, une augmentation de l'alimentation passagère autour du moment du service (avant et après), très pratiqué chez les petits ruminants est débattu chez la vache. Il est parfois aussi bénéfique dans cette espèce, surtout lorsque les disponibilités alimentaires ne sont pas tout à fait suffisantes (Galina et Arthur, 1990). Il est surtout pertinent chez les taureaux (en saillie naturelle, il convient de compter un taureau pour une trentaine de femelles). Chez les vaches allaitantes, le flushing est efficace surtout sur les animaux maigres (Grimard *et al.*, 2002). D'une manière générale, pour être plus efficace, il convient de l'associer à un déparasitage.

Le flushing préœstral augmente la ponte ovulaire et la fécondation, alors que le la flushing postœstral diminue la mortalité embryonnaire (Wolter, 1973). La période qui entoure l'ovulation et la nidation (**1 semaine avant jusqu'à 2 semaines après** l'ovulation) est une période critique pour la reproduction. L'influence de l'alimentation est forte à ce moment-là (Wolter, 1973). Ainsi, dans une enquête de terrain faite sur 36 élevages du centre-ouest de la France chez 428 femelles Charolaises et Limousines après synchronisation de l'oestrus, Chevallier *et al.* (1996) ont trouvé un effet significatif du flushing sur les taux d'ovulation et les taux de gestation. Le taux d'ovulation a été augmenté de près de 15 % sur les vaches les plus légères. L'effet global est de + 5 % environ.

Les vaches inséminées infertiles ont une **glycémie** plus basse que la moyenne (Wolter, 1973). Ceci a été retrouvé à la Réunion chez les vaches laitières : un niveau bas de concentration plasmatique en glucose ou en urée est lié à une fertilité limitée (Tillard, 2000).

Rappelons qu'il faut **rechercher un état d'engraissement normal au vêlage**. Depuis longtemps, il a été remarqué que les vaches trop maigres ou trop grasses au vêlage présentent plus de métrites. Sur des bovins laitiers dans l'ouest de la France, les vaches trop maigres sont moins fertiles : la fertilité est plus basse de 10 % environ et l'intervalle vêlage-conception moyen est de 102,4 jours au lieu de 89,1

jours pour un état corporel moyen soit un retard de 13 jours (Steffan et Humblot, 1985).

Le surengraissement exagéré augmente les vêlages difficiles, les rétentions placentaires, les métrites, les boiteries, les maladies métaboliques (risques d'acétonémie, etc.) et les risques d'infertilité (Carteau, 1984 ; Steffan et Humblot, 1985). Les éleveurs de bovins allaitant participant à des concours sont tentés de fournir beaucoup trop d'énergie à leurs animaux et constatent alors une faible fertilité. Il s'agit souvent de protéines dégradables en excès. Des excès d'azote soluble peuvent être constatés à la mise à l'herbe, lors d'emploi excessif d'urée dans la ration hivernale, ou d'emploi de fourrages mal conservés (Grimard *et al.*, 2002).

Pour d'autres auteurs, c'est la perte d'état en début de lactation qui entraîne la pathologie du post-partum.

Aux Etats-Unis, la fertilité a été meilleure pour les vaches laitières ***gagnant du poids*** (Wetteman *et al.*, 1987). Kilkenny (1978) propose ***de ne pas descendre en dessous de la note 2,5*** au moment de la période de reproduction pour assurer une bonne reproduction chez les bovins à viande (Agabriel *et al.*, 1984).

Au Royaume-Uni, Haresign (1980) accuse une perte de poids excessive en début de lactation, néfaste pour la fertilité de la vache laitière. Le mécanisme ferait intervenir l'hypoglycémie.

L'effet de la note d'état corporel sur le taux de gestation varie avec l'intervalle vêlage-pose des implants (tableau 1).

Tableau 1 : Effets de la note d'état corporel et de l'intervalle vêlage-pose sur le taux de gestation (d'après Chevallier *et al.*, 1996)

Taux de gestation en %	Note d'état corporel		
Intervalle vêlage-pose	< 2,5	2,5-3	>3
< 50 jours	48,00 (n=25)	45,00 (n=40)	55,26 (n=38)
50-80 jours	45,57 (n=79)	52,99 (n=134)	54,35 (n=46)
> 80 jours	55,26 (n=38)	54,35 (n=46)	- (n=8)

En ce qui concerne le profil métabolique, l'infertilité est souvent liée à des polycarences prolongées plutôt qu'à une carence isolée. Les déséquilibres alimentaires sont souvent multiples (Cottureau *et al.*, 1977). Il est important de prendre en compte la qualité de l'eau.

#### 4. Gestation

Le poids vif et les réserves corporelles varient pendant la gestation et la lactation de la vache (Chilliard *et al.*, 1987). En plus du poids de l'embryon puis du fœtus qui augmente au fur et à mesure de la gestation, les réserves corporelles augmentent. Le poids de l'utérus passe de 0,5-1 kg à 6-10 kg. Le poids de la vache peut augmenter de 75 kg à la fin de la gestation (dont 12 kg de liquides et 3,5 kg de membranes fœtales). Le métabolisme global de la vache est plus élevé pendant la gestation. Rappelons que pendant la gestation, les besoins alimentaires des vaches sont plus élevés, **surtout en fin de gestation** (annexe 1).

Les besoins de croissance du fœtus s'ajoutent à ceux de la vache. Les besoins en gestation sont à peu près proportionnels au poids à la naissance. Le fœtus dépend entièrement de sa mère chez les mammifères. L'oeuf n'a presque aucune réserve nutritive. La production laitière de la mère dépend aussi largement de son alimentation en fin de gestation (voir tarissement). Le métabolisme phospho-calcique est particulièrement intense en fin de gestation pour permettre la croissance du fœtus (Kolb, 1975). La vache en gestation a aussi besoin d'exercice.

L'addition d'acide linoléique alpha à la ration de vaches laitières Holstein en lactation (avec des **graines de lin**) a entraîné moins de mortalités pendant la gestation que l'addition de graines de tournesol (Ambrose *et al.*, 2006).

La sous-nutrition en fin de gestation peut diminuer la survie du veau après la naissance. Le poids du veau à la naissance est un élément important de sa survie (Rattray, 1977). Le fœtus consomme des glucides, surtout du glucose par le placenta, mais aussi des acides aminés, des minéraux et des vitamines. Vers la fin de la gestation, il stocke du glycogène dans le foie et les muscles. Lors de sous-nutrition, **le fœtus a la priorité par rapport à sa mère** (Hafez, 1987). Lors de sous-nutrition en fin de gestation, la teneur en glycogène du foie et des muscles du fœtus diminuent. Ces réserves ne seront plus disponibles pour le veau nouveau-né (Derivaux et Ectors, 1980).

Mais il ne faut pas non plus exagérer la ration de la vache en gestation. Elle accumulerait de la graisse d'où une mise bas difficile, des risques d'acétonémie et une fertilité diminuée.

#### 5. Tarissement (fin de gestation)

Au tarissement, en élevage intensif, avant le vêlage, l'alimentation est diminuée brusquement pour arrêter la production de lait, puis elle peut être augmentée un peu.

Les besoins alimentaires des vaches laitières fortes productrices sont si élevés en début de lactation, après le vêlage, qu'elles ne peuvent pas ingérer une quantité d'aliment suffisante pour assurer ces besoins. Il leur faut donc, pour assurer leur production laitière, faire des réserves avant le vêlage. C'est le **steaming**, qui est limité dans le temps (3 à 4 semaines). Cette augmentation des besoins est très importante puisqu'elle atteint 50 % des besoins d'entretien le 9<sup>e</sup> mois de gestation, pour l'énergie, les matières azotées et les minéraux (annexe 1). Il est reconnu depuis

longtemps que **le niveau de nutrition pré-partum** semble plus critique que le niveau post-partum (Holness, 1984).

D'une manière générale, lors des périodes fastes d'alimentation, l'organisme animal met en réserve de l'énergie et certains éléments (**réserves corporelles**), surtout sous forme de graisses et de glycogène. En effet, l'hydrolyse d'un lipide libère plus d'énergie que celle d'un glucide ou d'une protéine. Ces graisses de réserve sont surtout sous-cutanées (appréciées à l'oeil et par le maniement et transcrites par la note d'état corporel), un peu inter et intra-musculaires. Le glycogène est une forme de réserve de glucides stockée dans le foie et les muscles ("amidon animal"). Une vache en début de lactation doit puiser dans ses réserves corporelles pour assurer la production de lait. Ces réserves doivent être reconstituées, entre autres au moment du tarissement.

En temps normal, les vaches reconstituent leurs réserves pendant le tarissement. Il est rare qu'elle perdent du poids pendant cette période. Lorsque c'est le cas (déficit énergétique ante-partum), les risques de pathologie sont augmentés, ce qui se répercute sur la fertilité ultérieure : mises bas difficiles, rétentions placentaires, métrites, etc. (Tillard, 2007)

L'inverse, l'excès énergétique ante-partum est plus fréquent et retentit aussi sur la fertilité. C'est le syndrome de la vache grasse décrit dans le chapitre sur la note d'état corporelle. (Tillard, 2007)

Keady et McCoy (2006) ont passé en revue les effets de l'alimentation de la vache laitière pendant la fin de la gestation sur la production de lait, les performances de reproduction et la santé pendant la lactation suivante, et ont fait des essais au nord de l'Irlande. Selon eux :

- 1. Plusieurs études ont montré que la supplémentation en concentrés de vaches taries **en conditions modérées** n'apporte pas de bénéfice supplémentaire. Cela n'augmente pas la quantité de lait produite, n'améliore pas sa composition, et n'a pas d'effet significatif sur les performances de reproduction.
- 2. L'ajout de paille au tarissement n'augmente pas l'ingestion en début de lactation, diminue la quantité de lait produite, et ne semble pas affecter la fertilité.
- 3. Pour l'alimentation au tarissement avec des aliments **riches en amidon**, les essais ne montrent pas d'effet sur l'ingestion et sur la quantité de protéines, mais montrent une augmentation de la quantité de lait et de la quantité de matières grasses du lait. Les performances de fertilité ne sont pas améliorées en augmentant la matière sèche ou l'énergie consommés pendant les 4 dernières semaines de gestation.
- 4. La majorité des essais suggèrent que l'augmentation de la **note d'état corporel au vêlage** augmente la production de lait mais diminue la concentration en protéines. Cette note d'état au vêlage **a un effet significatif sur la fertilité** de la période qui suit. Une balance énergétique négative diminue la fertilité consécutive (taux de conception, etc.). La note optimale pour une bonne fertilité serait 3 pour une vache primipare et 3 à 3,5 pour une multipare pour les races des pays tempérés. Il faut éviter les notes basses comme les notes élevées.
- 5. Une **supplémentation minérale et vitaminée** adéquate et équilibrée est essentielle pour éviter des maladies péripartum (autour de la mise bas), et pour maximiser la production de lait et la fertilité (Keady et McCoy, 2006).

## 6. Mise bas (vêlage)

Pour de bonnes performances de reproduction, les vaches doivent avoir un état corporel convenable au vêlage : ni trop maigres, ni trop grasses.

Le moment de l'alimentation (le jour ou la nuit) et la composition de la ration ont une influence sur le moment de la mise bas (le jour ou la nuit) chez des vaches allaitantes. **Plus de vêlages le jour**, ont été obtenus en donnant un régime plus riche en fibres et moins riche en concentrés et ceci la nuit (depuis 18 h le soir) plutôt que le jour. (Aoki *et al.*, 2006)

## 7. Post-partum

Le post-partum est la période qui sépare le vêlage de la fécondation. C'est une période importante. De sa durée dépend l'intervalle entre vêlages, un critère important de l'efficacité de la reproduction, donc économiquement.

D'habitude, les vaches sont saillies alors qu'elles sont en lactation. Les niveaux d'alimentation avant et après le vêlage interviennent sur la présence d'oestrus et sur l'intervalle vêlage-conception (Rattray, 1977).

En France, un intervalle vêlage-vêlage de un an est recherché. Il permet de conserver les vêlages chaque année pendant la saison la plus favorable pour une production efficace et économique (Grimard *et al.*, 2002).

Le post-partum peut être divisé en 2 périodes :

- l'intervalle vêlage-première chaleur (anoestrus post-partum, AnPP),
- l'intervalle première chaleur-fécondation.

L'alimentation et la traite ou la tétée ainsi que leurs interactions affectent beaucoup la période post-partum chez les bovins tropicaux. En se cumulant la sous-nutrition et la tétée inhibent la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus, d'où anoestrus (Fitzpatrick, 1994). La sous-nutrition intervient d'abord par l'intermédiaire de l'insuline et de l'hormone de croissance (GH) entre autres. Les taux de ceux-ci sont liés à la fréquence des pulses de la LH. Sur 30 génisses Hostein-Frissonnes soumises à un régime nutritif élevé ou à un régime bas, le niveau de GH à la mise bas ( $5,8 \pm 1,23$  et  $10,3 \pm 1,23$  ng/ml) et la durée de l'anoestrus post partum ( $62 \pm 7,95$  ou  $83,1 \pm 6,95$  jours) ont été significativement différents. Pour chaque traitement, GH était associé à la fréquence de LH et l'insuline associée à la composante orthogonale de la fréquence de LH (Pleasant *et al.* 2005).

Nous avons déjà vu l'importance de la saison sur la reprise des chaleurs après mise bas.

Ce sont surtout les déficits en énergie qui affectent la durée de l'anoestrus post-partum : énergie proprement dite et protéines. Un déficit en énergie après vêlage entraîne une augmentation de la durée de l'anoestrus post-partum. Plus le déficit est

prononcé et plus la durée est allongée (Grimard *et al.*, 2002). La **sous-nutrition** en période post-partum prolonge la période d'inactivité ovarienne (Randel, 1990).

En cas de déficit énergétique après le vêlage, les vaches en bon état corporel au vêlage sont moins touchées que les vaches maigres au vêlage. Les vaches multipares sont moins sensibles à ce déficit que les primipares (Grimard *et al.*, 2002).

Le bon **état corporel au vêlage** indiqué par la note d'état corporel a plus d'influence sur la durée de l'anoestus post-partum que le niveau alimentaire après vêlage chez les bovins à viande (Siemens et VanderVelde, 2006).

Chez la vache laitière forte productrice, les besoins en lactation sont très élevés. Ils ne peuvent être couverts que par un recours aux réserves nutritionnelles et par l'utilisation d'aliments concentrés en plus de la ration de base (Wolter, 1976).

Les vaches laitières les plus productrices ont des problèmes de fertilité. Elles connaissent après vêlage une période de balance énergétique négative qui peut durer 8-10 semaines. Elles puisent donc sur leurs réserves. Les taux de glucose, d'insuline et d'oestrogènes sont diminués, ce qui retarde la formation de follicules et l'ovulation (Butler, 2005).

Le **bilan énergétique** après le vêlage est important à considérer. Ce bilan dépend du niveau de consommation en énergie et du niveau de production de lait. Si la période de bilan énergétique négatif est courte (de l'ordre de un mois), la vache laitière revient rapidement en chaleurs et elle est vite fécondée. Par contre, si cette période est longue (par exemple 3 mois), le retour des chaleurs est plus tardif ainsi que la fécondation. Brisson *et al.* (2003) ont donné un exemple concret de 2 vaches pour illustrer ce fait. Une période de bilan énergétique négatif longue peut résulter d'une consommation d'énergie limitée associée à une forte production laitière. Les vaches laitières à forte production et avec un bilan énergétique négatif (Rossov, 2005) ont un taux de LH bas, des follicules ovariens petits, une diminution des ovulations et une mortalité embryonnaire élevée. Elles ont plus de maladies liées à la reproduction : endométrites, kystes ovariens, mammites, etc.

L'addition d'acide linoléique à la ration de vaches laitières en post-partum (avec des **graines de lin**) a eu un effet modeste sur la population de follicules ovariens et n'a pas eu d'effet sur l'activité du corps jaune (Ponter *et al.*, 2006).

L'influence des lipides peut agir par l'apport en énergie, mais aussi probablement directement sur la reproduction selon les lipides de la ration. La disponibilité en acides gras pour le métabolisme varie avec la source de lipides. L'acide linoléique absorbé forme de l'acide arachidonique, un précurseur de la prostaglandine F2 alpha qui agit sur le retour de la cyclicité. Ainsi, l'addition de graines de **carthame des teinturiers** riches en linoléates et pauvres en oléates a augmenté le taux de métabolites de prostaglandine F2 alpha dans le sérum sanguin (Grant *et al.*, 2005).

En Gambie, la fourniture de tourteau pendant une période assez longue (5 mois) en saison sèche a pu réduire la période d'anoestrus post-partum de vaches N'Dama (Little *et al.*, 1991). De même, au Malawi, un apport de concentré de maïs en plus du

pâturage a réduit la période d'anoestrus post-partum chez de petits éleveurs : 461,9 j (n=18) au lieu de 534,1 j (n=27) (Khonje et Kamwanja, 1991).

En Ethiopie, à Bako, sur des vaches zébu Horro, la supplémentation alimentaire en plus du pâturage s'est traduite dans un essai par une durée de gestation modifiée et par un retour des chaleurs après mise bas plus précoce. Toutefois, la fécondation n'a pas été plus rapide et l'intervalle entre mises bas n'a pas été diminué (Mulugeta *et al.*, 1999).

A la Réunion, le suivi de 250 vaches laitières adultes a été effectué avec 3 700 notations. **L'intervalle vêlage- insémination première** est fortement **lié à la variation d'état corporel** depuis le vêlage. Un amaigrissement d'un point entraîne un allongement de l'intervalle de 14 jours (Tillard *et al.*, s. d.). En cas de déficit énergétique post-partum, la proportion d'animaux non fécondés 110 jours après le vêlage augmente (Tillard, 2003).

Sur 1153 lactation de vaches laitières Prim'Holstein, une diminution de la note d'état corporelle entre le vêlage et 30 jours post-partum de **plus de 1,5 points** traduit un déficit énergétique post-partum suffisant pour entraîner :

- un taux de réussite à l'insémination première diminué de 21 points,
- un intervalle vêlage- insémination première augmenté de 11 jours,
- un intervalle vêlage- insémination fécondante augmenté de 32 jours (Tillard, 2007).

Sur les vaches laitières dans l'ouest de la France, les troubles utérins, boîtes, mammites et kystes ovariens sont responsables de retard de fécondation ou réduisent le taux de conception. La mauvaise détection des chaleurs entraîne des inséminations tardives. (Steffan et Humblot, 1985).

Les vaches avec une note de 2,5 au vêlage produisaient moins de lait que elles avec 3, 3,5 ou 4 et avaient un **intervalle vêlage-1er service** plus élevé... (Mohamed *et al.*, 1988).

Au Maroc, la durée des intervalles vêlage-premières chaleurs et des intervalles vêlage-vêlage de vaches Frisonnes et Holstein était corrélée significativement avec l'importance de la mobilisation des réserves corporelles vues d'après la diminution de la NEC (Benaich *et al.*, 1999).

Du point de vue de la pathologie, des infections peuvent se produire au moment du vêlage ou après (métrites, mammites, vaginites, septicémies), mais aussi des accidents dont certains sont liés à l'alimentation ou au métabolisme :

- fièvre de lait due à l'hypocalcémie,
- tétanie d'herbage due à l'hypomagnésémie,
- acétonémie puerpérale due à un déficit en glucides avec hypoglycémie (manque d'apport ou d'absorption, dysfonctionnement du foie ou endocrinien),
- hémoglobinurie puerpérale due à un déséquilibre alimentaire (administration de colza, navets ou autres crucifères ou excès de pulpes de betteraves) (Derivaux et Ectors, 1980 ; Hafez, 1987). Ainsi, les notes d'état corporelles trop basses ou trop élevées à la mise bas sont liées à la fréquence de la fièvre de lait, de même que des facteurs du climat et de gestion des troupeaux (Roche et Berry, 2006).

## 8. Lactation (vache laitière)

L'alimentation est considérée comme un facteur clé pour la production laitière. Elle peut limiter la production de lait. Différentes exigences doivent être satisfaites pour une production optimale :

- l'eau, qui constitue la plus grande part du lait,
- les fourrages de qualité, formant la ration de base qui couvre les besoins d'entretien et une partie des besoins de production,
- des compléments ajustés pour assurer le reste des besoins de production. Ce sont des concentrés, riches en énergie ou/et en protéines, des minéraux et des vitamines.

La note d'état corporelle au vêlage est importante. Les vaches maigres au vêlage produisent moins de lait que les autres. La croissance de leur veau est moins rapide (Siemens et VanderVelde, 2006).

En début de lactation, juste après le vêlage, les besoins en énergie et en azote sont très élevés (voir annexe 1). Ils sont maximaux dès la 1<sup>re</sup> ou la 2<sup>ème</sup> semaine. La capacité d'ingestion n'est pas suffisante à ce moment-là. Elle augmente progressivement jusqu'à la 6 à 8 semaines. Le déficit énergétique est compensé par une mobilisation des réserves corporelles. Il convient donc d'avoir fait des réserves pendant la période de tarissement (Enjalbert, 2003 ; Meyer et Denis, 1999 ; Wolter, 1994).

Les besoins en énergie sont fonction du taux de matière grasse du lait (voir annexe 1).

Après vêlage, la quantité de concentrés est augmentée. Les risques alimentaires sont non seulement le déficit, mais aussi l'excès ou le déséquilibre (Enjalbert, 2003). La qualité des fourrages et des concentrés est très importante et compte parfois plus que leur quantité (Frileux *et al.*, 2003).

En début de lactation, le rapport des composés C2/C3 est déséquilibré. Les composés lipogéniques (acides gras volatils en C2) sont abondants et les composés glyco-géniques (acides gras volatils en C3) moins disponibles. Les graisses et les fourrages augmentent le rapport C2/C3, alors que les grains, les sucres et le propylène glycol diminuent ce rapport. Les études ont tendance à montrer que ce **rapport des composés C2/C3** serait important pour les performances de reproduction. Ainsi, la majorité (11 sur 15) rapportent une diminution du nombre de services par conception lorsque des composés lipogéniques sont ajoutés dans la ration, mais ces effets sont variables. D'autres recherches seraient utiles pour valider les premières suggestions (van Kneegsel *et al.*, 2005).

Des graines de coton de variétés génétiquement modifiées ont donné des résultats comparables aux autres graines pour les performances de lactation et les notes d'état corporelles (Castillo *et al.*, 2004).



Il y a une corrélation négative entre production laitière et fertilité : plus une vache produit de lait, moins elle est fertile (Keady et McCoy, 2006). Ainsi, les **vaches très fortes laitières** connaissent des problèmes de reproduction. La stratégie suggérée pour améliorer les résultats de reproduction de ces vaches aux Etats-Unis combine l'utilisation de lipides enrichis en acides gras polyinsaturés avant et après le part, des méthodes de synchronisation des chaleurs et des diagnostics de gestation précoces (Thatcher *et al.*, 2006). Il est possible aussi d'allonger la durée de lactation avec une mise bas tous les 2 ans. Cela ne sacrifie pas la production de matières solides du lait (Kolver *et al.*, 2006).

Ainsi, l'injection de **somatotropine bovine** à des doses notables augmente la production laitière de la vache mais réduit ses performances de reproduction : chaleurs inapparentes, anoestrus, etc. L'action serait due surtout à la balance énergétique négative de la vache qui accompagne les fortes productions. De faibles doses pourraient être bénéfiques à la reproduction (Kassa *et al.*, 2002).

## B. Mâle

Les problèmes d'alimentation des mâles sont moins souvent évoqués que ceux des femelles, mais ils sont aussi importants.

### 1. Puberté

Comme chez la femelle, la puberté peut être liée à la saison de la naissance. La croissance des testicules est corrélée au poids des taurillons (Hafez, 1987 ; Lafortune, 1984).

En cas de sous-alimentation globale, le taurillon est moins développé et produit moins de spermatozoïdes. La puberté est plus tardive si la croissance est plus lente.

En cas de sous-alimentation en lipides, la puberté est retardée, et si la sous-nutrition est grave et prolongée il peut y avoir hypoplasie des testicules.

En cas de carence en vitamine A, les taurillons ont un retard à la puberté (Demarquette, 1966).

La puberté est plus tardive chez les **zébus** que chez les taurins. Au même âge, les taureaux Angus sont plus lourds que les Brahman, et souvent que les Brangus (métis). Il a été montré que pour le même âge, la testostérone du sang était plus élevée chez les taureaux Angus et Brangus que chez les Brahman. Les concentrations en leptine et en IGF-I étaient plus grandes chez les taureaux Angus que chez les Brangus et les Brahman. Les concentrations de glucose et de GH étaient plus grandes chez les taureaux Brangus que chez les Angus et Brahman. Les différences dans le développement sexuel entre races sont probablement dues à des différences dans les mécanismes de régulation des hormones métaboliques telles que la leptine, la GH et l'IGF-I (Thomas *et al.*, 2002).

## **2. Libido**

En cas de sous-alimentation en lipides ou en vitamine A chez le taureau, on constate des baisses réversibles de la libido et de la fécondité (Demarquette, 1966). La sous-alimentation générale affecte la libido, mais l'obésité aussi (Rattray, 1977). Il semble que la suralimentation et les effets des climats extrêmes affecteraient plus la libido que la sous-alimentation (Petherick, 2005).

## **3. Sperme et spermogramme (quantité et qualité du sperme)**

L'alimentation et les facteurs du climat (température surtout, basse ou élevée) interviennent (Parkinson, 1985). L'influence de la saison sur la production de sperme est variable en milieu tropical. Elle se traduit parfois par des modifications de la concentration du sperme (Kumi-diaka *et al.*, 1980) ou des anomalies de spermatozoïdes.

La sous-nutrition prolongée entraîne l'arrêt de la spermatogenèse (Rattray, 1977).

En cas de carence en phosphore, des troubles de la fécondité précèdent les troubles osseux. En cas de carence en vitamine A chez le taureau, de manière réversible, les anomalies des spermatozoïdes sont augmentées, la semence se conserve mal, ou le taureau est stérile (Demarquette, 1966).

En cas de sur-alimentation (excès de glucides ou d'azote) chez le taureau, il y a une toxicose et la spermatogenèse est tout de suite affectée d'où une augmentation des spermatozoïdes anormaux et une diminution de la mobilité. Il y a aussi des troubles digestifs et de la locomotion (fourbure, arthropathies).

Comme pour les femelles il faut éviter autant les manques alimentaires que les excès (Corah, 1987).

### **C. Bilan : Alimentation et productivité**

Chez les bovins à viande, l'état général au vêlage intervient surtout au niveau de 3 points cruciaux :

- la fertilité : le taux de gestation des vaches maigres est diminué car l'oestrus apparaît plus tard après la mise bas (anoestrus post-partum),
- le calendrier : les vaches maigres fécondées sont gestantes plus tard dans l'année,
- la croissance : les veaux issus de vaches maigres ont une vitesse de croissance ralentie (Siemens et VanderVelde, 2006).

En zone tropicale, la productivité numérique des bovins est plus faible qu'en zone tempérée. Les causes sont liées au climat et à l'alimentation (Chicoteau, 1991). La mauvaise nutrition est le facteur majeur des performances de reproduction médiocres des vaches laitières des petits éleveurs en milieu tropical : taux de conception bas, intervalle entre vêlages élevé. Elle prédispose aux maladies d'où une mortalité élevée. L'amélioration de l'alimentation dans ces élevages serait très bénéfique (Lanyasunya *et al.*, 2005).

Il faut noter aussi que le niveau alimentaire intervient sur la résistance des animaux aux maladies comme la trypanosomose (Agyemang *et al.*, 1997).

En zone tropicale, la supplémentation de troupeaux entiers est efficace mais n'est pas économique. Il vaut mieux compléter certains groupes-cibles mais les recommandations doivent être adaptées aux groupes particuliers. Il n'y a pas assez de données technico-économiques pour toutes les situations (Guerin *et al.*, 1998).

## IV. LA COUVERTURE DES BESOINS ALIMENTAIRES

La règle générale, bien connue est que les apports alimentaires correspondent aux besoins, résumés en annexe 1 pour la vache laitière. Ceci se raisonne sur une période relativement longue. Ainsi, les manques limités d'une période peuvent parfois être compensés par des excès limités d'une autre période. Mais globalement, il faut éviter les manques importants (carences), les excès importants et les déséquilibres entre éléments.

Bien sûr, une vache qui produit plus de lait a des besoins plus importants. Les besoins de la lactation sont proportionnels à la quantité de lait produite. Les vaches génétiquement améliorées ont des besoins plus importants qui doivent être couverts pour assurer la production de lait et de bonnes performances de reproduction.

L'action peut avoir lieu à toutes les phases de la reproduction et l'effet peut être différent selon le moment où le problème se produit, l'intensité et la brutalité du problème.

### A. Eau

L'eau vient de l'eau de boisson et des aliments. Elle intervient par sa quantité et par sa qualité.

Il est évident qu'il faut donner assez d'eau pour que la vache produise du lait, donc assure la croissance du veau et une production. Les besoins sont encore plus élevés en climat chaud.

La qualité de l'eau est primordiale. Certaines eaux ne sont pas potables (trop de nitrites, chlorures, phosphates, etc., mauvais pH, trop de bactéries, etc.).

### B. Energie

Le rôle de l'énergie est déterminant. Chez la vache laitière, en conditions intensives de production, le risque alimentaire principal est un manque en énergie **en début de lactation**, surtout pendant les 21 premiers jours. Pour une vache qui produit 6 000 kg de lait pendant la lactation, le déficit énergétique a lieu pendant les 6 à 12 premières semaines de lactation. Les sorties excèdent les entrées d'énergie. Ce déficit se traduit par des retards de chaleur, des retards de reprise de l'activité sexuelle (elle reprend quand les animaux commencent à reprendre du poids), et un taux de réussite plus faible à l'insémination artificielle.

Le **déficit énergétique** de la ration se produit aussi lorsque les disponibilités alimentaires varient dans le temps au cours des saisons ou des années. C'est le cas en zones tropicales et aussi souvent pour les vaches allaitantes, l'hiver en zone

tempérée. Le déficit est compensé par une mobilisation des réserves : les tissus gras d'abord, puis les muscles, enfin les os (Chilliard *et al.*, 1998).

L'**excès d'énergie** doit aussi être évité. Dans une enquête épidémiologique, les 2/3 des vaches à rétention placentaire étaient trop grasses au vêlage (Enjalbert, 1994 ; Brisson *et al.*, 2003). Le surengraissement en énergie aboutit à des femelles trop grasses (syndrome de la vache grasse). Les performances de reproduction sont alors moins bonnes. L'embonpoint excessif de la vache ( $NEC > 4$ ) et du fœtus aboutit à des difficultés de vêlage (dystocies) et à plus de mortalité. Il peut aller jusqu'à déclencher une **stéatose hépatique** (maladie du foie gras ou syndrome de la vache grasse) ou une cétose préjudiciables au nouveau-né. La stéatose hépatique peut s'accompagner de dystocie, de part languissant, de maladies néonatales, de rétention placentaire, de paralysie puerpérale, de métrites et de mammites. Ainsi, l'albuminurie, en relation avec le fonctionnement du foie, est très corrélée à la fertilité ultérieure de la vache (Wolter, 1994).

Les matières grasses du corps stockent de l'énergie qui peut être restituée en périodes de sous-alimentation. Les **matières grasses** fournissent plus d'énergie pour un même poids. Elles améliorent la balance énergétique en augmentant l'apport d'énergie. Ainsi, 1 g de lipides produit 9,3 Kcal, 1 g de protéides 5,65 Kcal et 1 g de glucide 4,1 Kcal. Mais, selon la nature des matières grasses de la ration, les performances de reproduction peuvent être différentes. Cela ouvre des pistes pour l'amélioration des performances de reproduction (Kassa *et al.*, 2002 ; Brisson *et al.*, 2003). De nombreuses études récentes concernent cette possibilité.

Les éléments de base des lipides sont les **acides gras**. Ils sont distingués les uns des autres par le nombre d'atomes de carbone plus ou moins élevé et la présence ou non (acides gras saturés) de doubles liaisons. Ainsi, l'acide linoléique (C18 :2) a 18 atomes de carbone et 2 doubles liaisons. L'acide linoléique (C18 :3) a 18 atomes de carbone et 3 doubles liaisons. La composition des lipides en acides gras varie avec les aliments. L'acide oléique (C18 :1) est abondant dans les graisses animales (suif, graisses jaunes) et dans certaines graisses d'origine végétale (huile de colza par exemple). L'acide linoléique (C18 :2) est abondant dans d'autres graisses d'origine végétale (huile de carthame, de tournesol, de soja, de graines de coton par exemple). L'acide linoléique (C18 :3) est abondant dans l'huile de lin. L'acide eicosapentaénoïque (**EPA** ; C20 :5) et l'acide docosahexaénoïque (**DHA** ; C22 :6) sont présents en quantités notables dans les farines et les huiles de poissons (tableau 2).

Les acides gras saturés sont assez abondants chez les animaux, mais certains acides gras ne sont pas fabriqués par l'animal et sont considérés comme **acides gras essentiels** (AGE ou EFA), devant être présents en quantité suffisante dans la ration alimentaire. C'est le cas de l'acide linoléique (C18 :2), l'acide linoléique (C18 :3), l'acide eicosapentaénoïque (**EPA** ; C20 :5) et l'acide docosahexaénoïque (**DHA** ; C22 :6), tous insaturés avec 2, 3, 5 ou 6 doubles liaisons. En 1930, Burr et Burr ont montré que les rates avaient des ovulations irrégulières ou absentes en absence de graisses et que l'ajout de 1% d'huiles ou d'acide linoléique rétablissait l'ovulation (Staples *et al.*, 2001 ; Staples et Thatcher, 2006).

Ainsi, un essai de supplémentation en lipides riches en acides gras à longues chaînes (huile de soja) chez des vaches Holstein aux Etats-Unis a augmenté le taux

de gestation, mais n'a pas modifié la production de graisses, de protéines et de lait, ni le moment de la détection des chaleurs par rapport à des vaches au pâturage (Boken *et al.*, 2005).

Un autre essai de supplémentation riche en acide linoléique à des vaches laitières après vêlage a augmenté légèrement le nombre de petits follicules ovariens ; mais n'a pas modifié la production de progestérone (Ponter *et al.*, 2006). L'addition de niveaux de plus en plus élevés d'acide linoléique a augmenté le taux de gestation (Petit *et al.*, 2002).

L'ajout de **farines de poissons** (riches en EPA et en DHA) à la ration a augmenté la conception au premier service de vaches laitières : 75,6 % contre 61,5 %.

Tableau 2 : Composition des lipides de certains aliments (% d'acides gras)  
(adapté de Staples et Thatcher, 2006)

Acides gras	Orig. animale		Huile jaune	Huiles végétales de					
	Huile de poisson	Suif		Colza	Carthame	Tournesol	Soja	Graine de coton	Lin
Ac. myristique (C14 :0)	7	3	2	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1
Ac. palmitique (C16 :0)	16	25	21	5	7	7	11	23	5
Ac. stéarique (C18 :0)	3	18	11	2	2	5	4	3	3
Ac. saturés	<b>26</b>	<b>46</b>	<b>34</b>	<b>&gt; 7</b>	<b>&gt; 9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>&gt; 8</b>
Ac. palmito-léique (C16 :1)	8	3	4	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1
Ac. oléique (C18 :1)	12	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>54</b>	12	19	23	18	20
Ac. linoléique (C18 :2)	1	3,8	14	22	<b>78</b>	<b>68</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	16
Ac. linoléique (C18 :3)	2	< 1	< 1	11	< 1	1	8	1	<b>55</b>
Ac. eicosa-pentaénoïque (C20 :5)	<b>14</b>	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ac. docosa-pentaénoïque (C22 :6)	<b>9</b>	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ac. insaturés	<b>&gt; 46</b>	<b>&gt; 47</b>	<b>&gt; 62</b>	<b>&gt; 87</b>	<b>&gt; 90</b>	<b>88</b>	<b>85</b>	<b>74</b>	<b>&gt; 91</b>

Staples *et al.* (1998) ont passé en revue des essais d'ajout de lipides à l'alimentation de vaches laitières en période postpartum. Les effets sont variables. Sur 18 essais étudiés, 11 ont rapporté des améliorations des performances de reproduction, mais 3 ont montré une détérioration de ces performances (taux de conception à la première insémination diminué). Dans ces 3 cas, il s'agissait de vaches dont la production laitière avait été fortement augmentée. La forte stimulation de la production de lait semble antagoniste de la fertilité.

Les effets de ces lipides peuvent s'expliquer de la manière suivante.

- L'acide eicosapentaénoïque (EPA ; C20 :5) et l'acide docosahexaénoïque (DHA ; C22 :6) sont en compétition avec la synthase endoperoxyde prostaglandine (PGHS) qui permet la conversion de l'acide arachidonique (C20 :4) issu de l'acide linoléique et de l'acide linoléique en prostaglandine PgF2alpha. **Ils diminuent donc le taux de prostaglandine F2alpha**, hormone lutéolytique, ce qui facilite le maintien de la gestation et limiterait la mortalité embryonnaire au moment de la nidation. Leur effet sur le taux de prostaglandine F2alpha a été démontré sur des cellules endométriales de bovins. Leur concentration est augmentée dans le lait produit (Mattos *et al.*, 2002).
- L'ajout de lipides augmente la concentration plasmatique du cholestérol qui sert à synthétiser la progestérone.
- Les lipides inhibent la sécrétion d'oestradiol 17 bêta, ce qui diminue la sécrétion utérine de PGF2alpha et diminue la sensibilité du corps jaune au PGF2alpha et donc réduit aussi la lutéolyse (Staples *et al.*, 1998).
- L'acide linoléique (C18 :2) réduit la production d'acide arachidonique. Il se fixe à la synthase endoperoxyde prostaglandine (PGHS) et inhibe la synthèse de prostaglandine PgF2alpha et aussi limiterait la mortalité embryonnaire.
- Les acides gras polyinsaturés à longues chaînes pourraient partager le glucose pour stimuler la sécrétion d'hormone LH par l'hypophyse, ce qui permet la formation et le développement du corps jaune (Staples *et al.*, 1998).
- Par ailleurs, la supplémentation en acides gras peut aussi modifier la dynamique des follicules ovariens par l'intermédiaire de diverses hormones, telles l'insuline et l'hormone de croissance (Staples *et al.*, 2001). Le développement de follicules ovariens en période postpartum est généralement stimulé ainsi que l'activité lutéale de l'ovaire.
- Enfin, l'ajout d'acides gras essentiels peut être bénéfique au système immunitaire et donc réduire les maladies ayant un impact sur la reproduction (Staples et Thatcher, 2006).

Pour être efficaces, les acides gras insaturés doivent pouvoir être absorbés au niveau de l'intestin, donc ne pas être détruits par les lipases des bactéries anaérobies au niveau du rumen. Staples et Thatcher (2006) suggèrent plusieurs solutions :

- donner des lipides partiellement protégés de l'oxydation,
- donner des ionophores,
- choisir la source d'huile : huile de soja, de graines de coton, par exemple,
- utiliser des fourrages frais plutôt que conservés,
- acidifier le pH du rumen.

A partir de l'acide lactique, les **propionobactéries** produisent du gaz carbonique et un acide gras volatil, l'acide propionique qui est une source de glucose chez les ruminants. L'addition de propionobactéries dans la ration de vaches Hostein a augmenté la production de lait mais n'a pas modifié l'apparition de la première ovulation post-partum ou des chaleurs jusqu'à 90 jours après le vêlage (Stein, 2006).

### C. Matières azotées

Chez la vache laitière, en conditions intensives de production, le manque de matières azotées est plus rare que le manque en énergie. En début de gestation il favorise la mortalité embryonnaire, alors qu'en fin de gestation, il favorise la rétention placentaire (Enjalbert, 1994).

L'**augmentation de la ration en matières azotées**, même avec des protéines peu dégradables, pour augmenter la production de lait et de matières sèches du lait, se traduit souvent par une diminution de la fertilité. Elle s'accompagne d'un niveau élevé d'azote uréique dans le plasma sanguin qui agit sur la fertilité même si l'excès est de courte durée (Rhoads *et al.*, 2004). Cette diminution de la fertilité est liée à un environnement utérin modifié par les effets de l'équilibre énergétique négatif en période post-partum et de l'urée qui résulte du régime riche en protéines. Le pH de l'utérus en phase lutéale est diminué, la concentration du plasma en progestérone diminuée. Ces modifications sont nuisibles à la maturation des oocytes et au développement des embryons (Butler, 1998 ; Elrod et Butler, 1993 ; Elrod *et al.*, 1993). De plus, l'urée aurait une action directe sur les oocytes (Ocon et Hansen, 2003) mais sans agir sur la composition ionique du fluide de l'oviducte (Kenny *et al.*, 2002).

L'étude de la concentration de l'urée dans le lait est un bon outil pour gérer l'efficacité de l'utilisation de l'azote par des vaches laitières dans des troupeaux commerciaux, améliorer la production ou réduire l'excrétion d'azote. Mais il n'a pas été trouvé de relation entre cette concentration et la fertilité des vaches (Golden *et al.*, 2001).

### D. Eléments minéraux (dont oligo-éléments)

La carence en **calcium** en fin de gestation peut se traduire par un vêlage difficile, une dystocie au vêlage, une rétention placentaire puis une métrite ou un prolapsus utérin, enfin, un retard à l'involution utérine.

La carence en **phosphore** se traduirait par de l'infertilité. Mais certains auteurs n'ont pas observé de relation entre phosphorémie et fertilité. L'ajout de phosphore à la ration n'est bénéfique que lorsque le niveau de phosphore y est très bas. Il n'est pas utile de donner des quantités de phosphore très supérieures aux besoins en phosphore. Les recommandations d'apport de phosphore aux ruminants ont été réduites de 15 % récemment (Meschy et Ramirez-Perez, 2005). Un excès de phosphore (0,57 %) au dessus des doses recommandées (0,37 %) n'a pas donné d'effet détectable sur la reproduction, la note d'état corporelle, la santé et la production de lait de vaches laitières au Wisconsin (Lopez *et al.*, 2004a et b).

La carence en **magnésium** peut être suivie de paralysie au vêlage et pourrait retarder l'involution utérine. Mais la supplémentation en magnésium n'est pas toujours bénéfique (Ingraham *et al.*, 1987, cité par Tillard, 2007).



Pour le potassium, le sodium, le chlore et le soufre aucun lien direct avec la reproduction n'a été établi, mais bien sûr, leurs besoins doivent être couverts.

Les **oligo-éléments** interviennent dans les réactions métaboliques et enzymatiques indispensables à la reproduction. Les oligo-éléments du fœtus proviennent de la mère. Ainsi, les carences en oligo-éléments interviennent aussi beaucoup sur les performances de reproduction :

- le **sélénium** est indispensable pour éviter la rétention placentaire ; sa carence peut s'accompagner d'autres troubles de la reproduction : chaleurs peu intenses, kyste ovarien, taux de conception diminué, avortement, métrite, ... ;
- l'**iode** stimule l'hypophyse, sa carence diminue ou stoppe l'activité ovarienne ; elle se traduit par des résorptions fœtales, des mortinatalités, des cycles irréguliers et des anoestrus ;
- la carence en **cuivre** en plus d'anémie, d'ostéoporose, de décoloration du poil, ... est suivie de diminution de l'activité ovarienne, d'un taux de conception faible, de mortalité embryonnaire, d'avortement ou de rétention placentaire ;
- la carence en **manganèse** peut diminuer l'activité ovarienne et le taux de réussite, et entraîner un avortement ou des anomalies du nouveau-né ;
- la carence en **zinc** affecte fortement les performances de reproduction, chez le mâle comme chez la femelle et entraîne des dermatoses ; elle se traduit par de la tératogenèse fœtale, une gestation prolongée, une mise bas difficile, un poids à la naissance faible, et des jeunes faibles ; le zinc intervient au niveau de plusieurs enzymes, dans la formation des prostaglandines, et il module l'action des facteurs de croissance semblables à l'insuline (IGFs) ;
- la carence en **cobalt** peut entraîner des troubles de reproduction indirectement ;
- la carence en **iode** peut entraîner des troubles de reproduction : anoestrus, rétention placentaire, ... (Brisson *et al.*, 2003 ; Enjalbert, 1994 ; Hostetler *et al.*, 2003).

Les recherches anciennes ont mis en évidence d'abord des effets sur la reproduction. Ce ne sont que les plus récentes qui explorent les mécanismes de ces actions au niveau moléculaire. Ces explorations restent à compléter.

Le cuivre, l'iode, le manganèse, le sélénium et le zinc ont un impact important sur la reproduction (Hostetler *et al.*, 2003). En pays tropicaux, **le cuivre et le zinc** surtout sont en quantité insuffisante dans les fourrages, parfois aussi le manganèse, le cobalt ou le fer (Prasad et Gowda, 2005).

Ces carences peuvent être évitées par l'utilisation de **pierres à lécher** adaptées à la région et par une amélioration des sols. Par exemple, Neira *et al.* (2005) ont obtenu un taux de vêlage de 81,7 % avec des vaches Nalore au Brésil, en ajoutant des engrais et de la craie dans le sol et en mettant des pierres à lécher à libre disposition des vaches. Au Colorado, l'ajout de cuivre, de zinc et de manganèse à la ration de

vaches croisées allaitantes a augmenté la cyclicité et le taux de gestation (Ahola *et al.*, 2005).

Elles peuvent être évitées aussi en fournissant des **minéraux organiques ou chélatés**, c'est-à-dire associés à des molécules organiques telles que des acides aminés, des protéines ou de l'amidon. L'absorption du métal est facilitée par cette protection. La bio-disponibilité est augmentée. Dans certains essais, les performances de reproduction ont été améliorées par l'ajout de minéraux organiques à la ration par exemple méthionine de zinc, méthionine de manganèse, lysine de cuivre et glucoheptonate de cobalt.

La couverture des besoins en minéraux est à rechercher, mais les **excès** de minéraux sont aussi à éviter. Ainsi, l'excès de calcium peut diminuer l'absorption d'autres minéraux tels le zinc, l'excès de zinc peut nuire à l'absorption du cuivre, etc. (Brisson *et al.*, 2003). Les besoins sont à adapter selon le statut physiologique de l'animal, le niveau de production et le système d'alimentation (Prasad et Gowda, 2005).

## E. Vitamines

Chez les ruminants, les vitamines A, D ou E peuvent manquer dans la ration. Les autres sont synthétisées chez la vache.

La carence en **vitamine A** est très grave pour la reproduction. Elle bloque les cycles ovariens, entraîne des chaleurs discrètes, de la mortalité embryonnaire, des avortements, et la naissance de veaux chétifs ou morts-nés. En effet, la vitamine A est indispensable aux épithéliums. La carence peut se produire à la fin de l'hiver en Europe, car les fourrages conservés sont pauvres en carotènes. Elle peut se produire aussi si l'alimentation est basée surtout sur l'ensilage de maïs.

Ainsi par exemple, en Floride avec des vaches Holstein, 3 essais ont été conduits. Les vaches étaient nourries avec un aliment complet et ont reçu ou non un complément de bêta-carotène (400 mg/jour) au moins 15 jours avant la première insémination artificielle faite à heure fixe après synchronisation des chaleurs avec un antagoniste de GnRH et des prostaglandines. Dans les 3 essais, le complément de bêta-carotène a augmenté la production laitière de 6 à 11 %. Mais l'effet sur la reproduction a été irrégulier : il se produit lorsque les femelles sont en stress thermique. Le taux de gestation 120 jours après vêlage a été augmenté chez les vaches qui ont reçu un complément de bêta-carotène pendant au moins 90 jours pendant les mois chauds (Aréchiga *et al.*, 1988).

De même, au Québec, Block et Farmer (1987) concluent que l'ajout de bêta-carotène à la ration de vaches Holstein n'améliore la fertilité que si c'est le facteur le plus limitant de l'alimentation.

Le rôle de la **vitamine D** sur la reproduction a été peu étudié chez les bovins. Elle intervient dans le métabolisme du calcium et du phosphore et donc sur le développement du squelette du fœtus.

La **vitamine E** agit avec le sélénium. Elle est antioxydante (stabilisation des vitamines A et D) et intervient dans la synthèse de la prostaglandine. L'ajout de vitamine E à la ration de vaches laitières qui recevaient assez de sélénium a diminué l'incidence des rétentions placentaires de 27,4 % à 12,6 % (Seymour, 2001 in Brisson *et al.*, 2003). D'autres auteurs signalent une diminution des métrites, du nombre de jours ouverts ou du nombre de saillies par conception. Le besoin en période de tarissement serait particulièrement critique (Brisson *et al.*, 2003). Mais l'effet de l'ajout de vitamine E et de sélénium sur la fertilité est controversé. Sur 19 études, la moitié montreraient un impact et l'autre moitié n'en montreraient pas (Hemingway, 2003 cité par Tillard, 2007).

La **vitamine C** intervient dans le fonctionnement du corps jaune et dans la délivrance.

Les **carences en vitamines** peuvent agir sur le fœtus sans atteindre la mère (Enjalbert, 1994 ; Richard 1976).

Tableau 3 : Effets sur la reproduction des carences en différents besoins alimentaires (d'après Enjalbert, 1994)

	Retard d'involution utérine sans métrite	Retard d'involution utérine avec métrite	Anoestrus	Repeat breeding ou mortalité embryonnaire	Avortement, mortalité ou nouveau- né faible
Energie			X	X	
Protéines - carences - excès				X X	
Minéraux - P - Ca - Cu - Co - Mn - Zn - I - Se	X   X	(excès) X   X X	X X X (sévère) X	X  X X X X X	    X  X
Vitamines - Vit. A - Vit. D - Vit. E - Bêta carotène		X X X			

## F. Facteurs toxiques et antinutritionnels

Pour de bonnes performances, il convient d'éviter les éléments nuisibles de l'alimentation.

De nombreuses plantes sont toxiques. Elles entraînent des troubles divers, parfois très graves, y compris des troubles de la reproduction, qui peuvent aller jusqu'à la mort. Mais lorsqu'ils ont la possibilité de choisir, le plus souvent, les bovins évitent de les consommer.

Certaines plantes peuvent apporter des hétérosides nuisibles, les **phyto-oestrogènes** agissant comme des oestrogènes, parmi lesquels on distingue des isoflavones du soja (daidzéine et génistéine) et du trèfle rouge (formononétine), des lignanes du lin (entérodol, entérolactone) et des coumestanes des légumineuses tels trèfles et luzernes (coumestrol). Tous ces phyto-oestrogènes peuvent perturber la reproduction des femelles. Ainsi, des isoflavones ont été responsables de retard à l'apparition des cycles après vêlage (anoestrus post-partum), inhibition des chaleurs ((Zdunczyk *et al.*, 2006). Les phyto-oestrogènes du soja et leurs métabolites agissent au niveau de l'utérus. Chez la vache, ils entraînent une forte production de prostaglandine PGF2alpha lutéolytique pendant le cycle oestral et le début de la gestation (Woclawek *et al.*, 2005).

Le tourteau de coton normal contient du **gossypol**, mais pas celui issu de coton « glandless ». Le gossypol pourrait être une cause d'infertilité chez les bovins mâles. Chez le coq, il faut utiliser de fortes doses pour voir le poids des testicules diminuer et le taux de spermatozoïdes anormaux augmenter (Dongmo *et al.*, 1993). Dans un essai effectué avec du tourteau de coton à raison de 14 mg de gossypol libre par kg de poids vif et par jour sur de jeunes taureaux de race laitière, Velasquez-Pereira *et al.* (1988) n'ont pas trouvé d'effet négatif sur la croissance.

D'autres plantes contiennent des alcaloïdes tératogènes tel l'**anagyrine** : l'anagyre fétide, les pois, certains lupins. Des malformations des fœtus se produisent chez l'animal et chez l'homme lorsque la mère a consommé une quantité suffisante de ces plantes ou de ces alcaloïdes pendant la gestation (Keeler, 1989).

Enfin, les grains contaminés par des moisissures contiennent des **mycotoxines**. La **zéaralénone** est une mycotoxine du maïs, du sorgho, de l'orge ou du foin contaminés par *Fusarium oxysporum*. D'activité oestrogénique, elle diminue la productivité des truies. Ses effets sur les bovins ne sont pas connus (Brisson *et al.*, 2003).

Les aliments ne doivent pas être contaminés par des produits toxiques. Ainsi les **dioxines** sont extrêmement toxiques. Issues des fumées des incinérateurs d'ordures ménagères non protégés, de la fabrication d'herbicides, etc. elles sont reconnues cancérigènes, tératogènes, et entraînent des troubles de la reproduction (Grastilleur, 1999).

Il convient aussi d'éviter aux fourrages et ensilages de **moisir** pendant leur conservation. Les ensilages trop humides subissent une fermentation butyrique. Leur

utilisation dans l'alimentation diminue les performances de reproduction. L'effet est différé avec un blocage pouvant durer 150 jours environ. (Tillard, 2007).

### **G. Conduite générale de l'alimentation**

Afin de faire des économies sur le budget consacré à l'alimentation des vaches allaitantes, il conviendrait de **réaliser des lots** selon la date de vêlage. Les génisses en fin de gestation sont à séparer des vaches. L'alimentation doit être fonction de la date de vêlage, de la note moyenne d'état corporel et du poids vif moyen de chaque lot (Grimard *et al.*, 2002). Il s'agit d'éviter les rationnements collectifs et de faire des lots assez nombreux pour que chaque vache ait une ration aussi adaptée que possible à ses besoins personnels.

## CONCLUSION

Les meilleurs résultats de reproduction de la vache sont obtenus lorsque les besoins alimentaires des animaux sont satisfaits **sur une longue durée** : des mises en réserves sont possibles à certains moments du cycle de reproduction, comme avant le vêlage chez les vaches laitières.

Pour chaque élément de l'alimentation, il convient de donner ni trop (excès), ni trop peu (carence). Le manque comme l'excès peuvent être nocifs. Lorsqu'il y a une ou des carences, l'effet se fait ressentir d'abord sur la fonction de reproduction. L'importance pour la reproduction des différents éléments de l'alimentation est **dans l'ordre : l'énergie, l'azote, les minéraux, la vitamine A, etc.** L'élément le plus bas (ou l'interaction entre éléments) est celui qui détermine les performances. C'est la **loi des facteurs limitants**.

---

Au point de vue alimentaire, il existe 2 période critiques chez la vache :

- avant (le **steaming**) et après la mise bas,
- avant et après la fécondation (le **flushing**) : autour du service (la saillie ou l'insémination artificielle). A noter que le flushing est important aussi chez le taureau.

Pour avoir le maximum de chance d'être fécondées, les vaches doivent avoir une bonne condition corporelle, qui peut être exprimée par une **note d'état corporel** (NEC) - être ni trop maigres, ni trop grasses – et présenter un léger gain de poids au moment du service.

---

La note d'état corporel (NEC) est un excellent outil pour suivre l'état nutritionnel des animaux.

Les travaux récents portent surtout sur l'utilisation de différents **lipides en complément** de la ration des vaches laitières en zone tempérée.

## BIBLIOGRAPHIE

Agyemang K. , Dwingler R. H., Little D. A., Rowlands G. J., 1997. Village N'Dama cattle production in West Africa. Six years of research in The Gambia. ILRI/Banjul Nairobi, ITC ed., 1 vol., 131 p.

Ahola J. K., Baker D. S., Burns P. D., Whittier J. C., Engle T. E., 2005. Effects of copper, zinc, and manganese source on mineral status, reproduction, immunity, and calf performance in young beef females over a two-year period. *Professional Animal Scientist*, **21** (4): 297-304.

Ambrose D. J., Kastelic J. P., Corbett R., Pitney P. A., Petit H. V., Small J. A., Zalkovic P., 2006. Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in alpha -linolenic acid. *Journal of Dairy Science*, **89** (8): 3066-3074.

Aoki M., Kimura K., Suzuki O., 2006. Influence of feeding regime on timing of parturition in beef cattle and the relationship of vaginal temperature to parturition. *Animal Science Journal*, **77** (3): 290-299.

Aréchiga C. F., Staples C. R., McDowell L. R., Hansen P. J., 1998. Effects of timed insemination and supplemental bêta-catotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *J. Dairy Sci.*, (81): 390-402.

Bazin S., 1984. Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie noires. Paris, RNED bovin ITEB. ed., 1 vol., 32 p.

Benaich S., Guerouali A., Belahsen R., Mokhtar N., Aguenau H., 1999. Effet du degré de mobilisation des réserves corporelles après le vêlage sur la fonction reproductive de la vache laitière en post-partum. *Revue Méd. Vét.*, 150 (5): 441-446.

Berbigier, 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. INRA ed., 1 vol., 237 p.

Block E., Farmer B., 1987. The status of beta-carotene and vitamin A in Quebec dairy herds: factors affecting their status in cows and their effect on reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.*, (67): 775-788.

Block S. S., Rhoads R. P., Bauman D. E., Ehrhardt R. A., McGuire M. A., Crooker B. A., Griinari J. M., Mackle T. R., Weber W. J., Van Amburgh M. E., Boisclair Y. R., 2003. Demonstration of a Role for Insulin in the Regulation of Leptin in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, (86): 3508-3515.

Block S. S., Smith J. M., Ehrhardt R. A., Diaz M. C., Rhoads R. P., Van Amburgh M. E., Boisclair Y. R., 2003. Nutritional and Developmental Regulation of Plasma Leptin in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, (86): 3206-3214.

Brisson J., Lefebvre D., Gosselin B., Petit H., Evans E., 2005. Nutrition, alimentation et reproduction. *In*: Symposium sur les bovins laitiers, Saint-Hyacinthe, Canada, CRAAQ Centre de références en agriculture et agroalimentaire de Quebec. 66 p.

Butler W. R., 1998. Review: Effect of Protein Nutrition on Ovarian and Uterine Physiology in Dairy Cattle. *In* : Symposium: optimizing protein nutrition for reproduction and lactation. *J. Dairy Sci.*, (81): 2533-2539.

Butler W. R., 2005. Nutrition, negative energy balance and fertility in the postpartum dairy cow. *Cattle Practice*, 13 (1): 13-18.

Boken S. L., Staples C. R., Sollenberger L. E., Jenkins T. C., Thatcher W. W., 2005. Effect of grazing and fat supplementation on production and reproduction of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, **88** (12): 4258-4272.

Campanile G., Neglia G., Di Palo R., Gasparrini B., Pacelli C., D'occhio M. J., Zicarelli L., 2006. Relationship of body condition score and blood urea and ammonia to pregnancy in Italian Mediterranean buffaloes. *Reprod. Nutr. Dev.*, (46): 57-62.

Carteau Marcel, 1984. L'alimentation retentit sur la fertilité. *L'Elevage bovin*, (137): 25-29.

Castillo A. R., Gallardo M. R., Maciel M., Giordano J. M., Conti G. A., Gaggiotti M. C., Quaino O., Gianni C., Hartnell G. F., 2004. Effects of feeding rations with genetically modified whole cottonseed to lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, **87** (6): 1778-1785.

Chemineau P., Blanc M., Caraty A., Bruneau G., Monget P., 1999. Sous-nutrition, reproduction et système nerveux central chez les mammifères : rôle de la leptine. *Productions animales*, 12 (3): 217-223.

Chevallier A., Van de Winkle E., Boudjennah H., Cosquer R., Grimard B., Humblot P., 1996. Facteurs de variation des taux d'ovulation et de gestation après synchronisation de l'oestrus chez des femelles Charolaises et Limousines dans la région Centre-Ouest. *Elev. et Insém.*, (276): 8-21.

Chicoteau P., 1991. La reproduction des bovins tropicaux. *Recueil de Médecine Vétérinaire de l'Ecole d'Alfort (FRA)*, 167 (3-4): 241-247.

Chicoteau P., Coulibaly M., Bassinga A., Cloé C., 1990. Variations saisonnières de la fonction sexuelle des vaches Baoulé au Burkina Faso. *Atelier International sur le Chamelon; 1999/10/24-26; Ouarzazate, Maroc; Ouarzazate, Morocco; Ouarzazate (Marruecos)*, 43 (3): 387-393.

Chicoteau P., Mamboué E., Cloé C., Bassinga A., 1989. Oestrous behaviour of Baoule cows (*Bos taurus*) in Burkina Faso. *Anim. Reprod. Sci.*, (21): 153-159.

Chilliard Y., Bocquier F., Delavaud C., et al., 1999. La leptine chez le ruminant. Facteurs de variation physiologiques et nutritionnels. *INRA Productions Animales*, (12): 225-237.

Chilliard Y., Bocquier F., Doreau M., 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reproduction,-Nutrition,-Development*, 38 (2): 131-152.

Chilliard Y., Ferlay A., Faulconnier Y., Bonnet M., Rouel J., Bocquier F., 2000. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. In: *Proceedings of the Nutrition Society*, 59 (1), 127-134 p.

Chilliard Y., Remond B., Agabriel J., Robelin J., Verite R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bull. tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, (70): 117-131.



Cirad/Gret/MAE, 2002. Mémento de l'Agronome. Paris, France, Cirad/Gret/Ministère des Affaires Etrangères ed., 1 vol., 1 692 p. (+ 2 cdroms).

Cléradin Anne, 2001. Méthodes d'élaboration des grilles des notes d'état corporel des ruminants. Synthèse bibliographique. DESS Productions animales en régions chaudes. Année universitaire 2000-2001, Cirad-emvt, Montpellier, France, 29 p. + annexes.

Corah L.R., 1987. Nutritional and reproductive management of bulls. *Agri-Practice*, 8 (7): 37-42.

Cottureau P., Gleize J., Magat A., Michel M.C., Mouthon G., Perrier J.M., Wolter R., 1977. Profils métaboliques en médecine vétérinaire et en médecine humaine (table ronde n° 10). *Revue Méd. Vét.*, 128 (6): 873-897.

Coulon J.B., Landais E., Garel J.P., 1989. Alimentation, pathologie, reproduction et productivité de la vache laitière. Interrelations à l'échelle de la lactation et de la carrière. [Feeding, pathology, reproduction and productivity in the dairy cow]. *Productions Animales*, INRA, 2 (3): 171-188.

Demarquette J., 1966. Problèmes pratiques posés par l'alimentation des taureaux des centres d'insémination artificielle. *ENVA*, 101 p.

Denis J.P., Thiongane A.I., 1975. Note sur les facteurs conduisant au choix d'une saison de monte au CRZ de Dara (Sénégal). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, XXVIII (4): 491-497.

Denis J. P., Thiongane A. I., 1978. Influence d'une alimentation intensive sur les performances de reproduction des femelles zébu Gobra au C.R.Z. de Dahra (Sénégal). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 31 (1): 85-90.

Derivaux J., Ectors F., 1980. Physiopathologie de la gestation et obstétrique vétérinaire. Maisons-Alfort, Ed. du Point vétérinaire ed., vol., 273 p.

Diskin M.G., Mackey D.R., Roche J.F., Sreenan J.M., 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science*, 78 (3-4): 345-370.

Dongmo T., Pouilles Duplaix M., Picard M., Mbi C., Blesbois E., De Revier M., 1993. Utilisation du tourteau de coton dans l'alimentation des volailles. II. Effets du gossypol sur les paramètres de la reproduction.

Edmonson A. J., Lean I.J., Weaver L. D., Farver T., Webster G., 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, (72): 68-78.

Elrod C. C., Butler W. R., 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J Anim Sci*, (71): 694-701.

Elrod C. C., Van Amburgh M., Butler W. R., 1993. Alterations of pH in response to increased dietary protein in cattle are unique to the uterus. *J. Anim Sci.*, (71): 702-706.

Enjalbert F., 1994. Relations alimentation-reproduction chez la vache laitière. [Relation between nutrition and reproduction of the dairy cow]. *Le point vétérinaire*, 25 (158): 77-84 ou 984-991.

Enjalbert F., 2003. Alimentation de la vache laitière. Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. [Feeding of dairy cows. Nutritional constraints around the calving period]. *Point*

Veterinaire: 40-44.

Ezanno P., 2005. Dynamics of a tropical cattle herd in a variable environment: a modelling approach in order to identify the target period and animals on which concentrating management efforts to improve productivity. *Ecological Modelling*, **188** (2/4): 470-482.

Frantz Nathalie, 1988. La mise au point d'une méthode visuelle d'estimation des réserves corporelles de la vache créole. Mémoire (Ingénieur ENITA), ENITA. Ecole Nationale d'Ingénieurs des Techniques Agricole, Clermont-Ferrand (FRA), 43 p.

Frileux Y le, Cirier N, Borgida L P, 2003. Alimentation des hautes productrices : besoins energetiques et azotes en fin de gestation. [The feeding of high-yielding goats: energy and nitrogen requirements at the end of gestation]. *Chevre*, 258: 30-32.

Galina C.S., Arthur G.H., 1990. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 5. Fertilization and pregnancy [Revue sur la reproduction des bovins dans les tropiques. Partie 5 : Fertilisation et gestation]. *Animal Breeding Abstracts*, 58 (9): 805-813.

Gauthier D., Thimonier J., 1982. Variations saisonnières de la cyclicité chez la génisse créole. Influence de la croissance, de l'âge et de l'émotivité. *Reprod. Nutr. Develop.*, 22 (4): 681-688.

Gauthier D., Xande A., 1982. Caractéristiques de reproduction d'un troupeau de vaches créoles élevées en zone tropicale. *Ann. Zootech.*, 32 (2): 131-138.

Gillund P., 1997. [ Evaluation of body condition in dairy cows and its importance for fertility and health ]. Holdvurdering av mjolkekyr-betydning for fruktbarhet og helse. *Norsk Veterinaertidsskrift*, 109: 227-233.

Godden S. M., Kelton D. F., Lissemore K. D., Walton J. S., Leslie K. E., Lumsden J. H., 2001. Milk Urea Testing as a Tool to Monitor Reproductive Performance in Ontario Dairy Herds. *J. Dairy Sci.*, (84): 1397-1406.

Grant M. H. J., Alexander B. M., Hess B. W., Bottger J. D., Hixon D. L., Kirk E. A. v., Nett T. M., Moss G. E., 2005. Dietary supplementation with safflower seeds differing in fatty acid composition differentially influences serum concentrations of prostaglandin F metabolite in postpartum beef cows. *Reproduction, Nutrition, Development*, **45** (6): 721-727.

Grastilleur C., 1999. La contamination des denrées alimentaires par les dioxines. Données actuelles et modèles de transfert dans une chaîne alimentaire. Thèse de méd. vétér. n° 113, Ecole Nat. vét. de Lyon, Lyon, 92 p.

Grimard B., Ponter A.A., Humblot P, Ponsart C., Mialot J.P., 2002. Alimentation hivernale des vache allaitantes et performances de reproduction. *Elev. et Insém.*, (309): 3-18.

Guérin Hubert, Lancelot Renaut, Tillard Emmanuel, Vall Eric, Ickowicks Alexandre, Grimaud Patrice, Meyer Christian, Richard Didier, Delate Jean-Jacques, Faye Bernard, 1998. Studies on nutritional status - health-reproduction interactions in tropical areas by Cirad-emvt and its partner. *In*: 9th symposium on tropical animal health and production : Ruminant nutrition in disease resistance and reproduction, Utrecht University, Faculty of Veterinary Medicine, 27 nov. 1998, p. 19-24.

Hafez E.S.E., 1987. Reproduction in farm animals. Reproduction chez les animaux d'élevage. Philadelphia, 5e édition Lea and Febiger ed., 1 vol., 649 p.

Hansen P.J., 1985. Seasonal modulation of puberty and the postpartum anoestrus in cattle: a review. *Livestock Prod. Sci.*, (12): 309-327.

Hansen J., Aréchigat, 1999. Strategies for Managing Reproduction in the Heat-Stressed Dairy Cow. *J. Anim. Sci. / J. Dairy Sci.*, **77 / 82** (Suppl. 2/J . Suppl. 2/1999): 36-50.

Haresign W., 1984. Underfeeding and reproduction: physiological mechanisms. In: *Reproduction des ruminants en zone tropicale. Colloques de l'INRA n° 20*, 8-10 juin 1983, Pointe-à-Pitre, 339-365.

Hemingway R. G., 2003. The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproductive diseases and reproductive efficiency in cattle and sheep. *Vet. Res. Communications*, (27): 159-174.

Holness D.H., 1984. The effects of pre- and post-partum levels of nutrition on fertility in cattle. *Reproduction des ruminants en zone tropicale. Colloques de l'INRA n° 20*, 8-10 juin 1983. Pointe-à-Pitre: 379-388.

Hostetler C., Kincaid R., Mirando M., 2003. The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *Veterinary Journal*, **166** (2): 125-139.

Imakawa K., Day M. L., Garcia-Winder M., Zalesky D. D., Kittok R. J., Schanbacher B. D., Kindler J. E., 1986a. Endocrine changes during restoration of estrous cycles following induction of anestrus by restricted nutrient intake in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, (63): 565-571.

Imakawa K. , Day M. L., Zalesky D. D., Garcia-Winder M., Kittok R. J., Kinder J. E., 1986b. Influence of dietary induced weight changes on serum LH, estrogen and progesterone in the bovine female. *Biol. of Reprod.*, (35): 377-384.

Ingraham R. H., Kappel L. C., Morgan E. B., Srikandakumar A., 1987. Correction of subnormal fertility with copper and magnesium supplementation. *J. Dairy Sci.*, (70): 167-180.

Jenet A., Fernandez-Rivera S., Tegegne A., Wettstein H.-R., Senn M., Saurer M., Langhans W., Kreuzer M., 2006. Evidence for Different Nutrient Partitioning in Boran (*Bos indicus*) and Boran x Holstein Cows When Re-allocated from Low to High or from High to Low Feeding Level. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med*, **53** (8): 383-393.

Kassa T., Ambrose J. D., Adams A. L., Risco C., Staples C. R., Thatcher M.-J., Van Horn H. H., Garcia A., Head H. H., Thatcher W. W., 2002. Effects of Whole Cottonseed Diet and Recombinant Bovine Somatotropin on Ovarian Follicles in Lactating Dairy Cows. (85): 2823-2830.

Keady T., McCoy M., 2006. The effects of nutrition of the dairy cow during the dry period on milk production and reproductive performance in the subsequent lactation (Dry Cow Feeding : The Theories and the Facts). (06.4.24): 44. Recherche sur Internet, 2006. [consultée le 8 mars 2006].

Keeler R. F., 1989. Quinolizidine alkaloids in range and grain lupins. In : CRC Press Inc., Boca Raton, Fla., USA. Cheeke, P. R., ed. *Toxicants of plant origin. Vol. I. Alkaloids*. 335 p. : 133-167.

Kenny D. A., Humpherson P. G., Leese H. J., Morris D. G., Tomos A. D., Diskin M. G., Sreenan J. M., 2002. Effect of Elevated Systemic Concentrations of Ammonia and Urea on the Metabolite and Ionic Composition of Oviductal Fluid in Cattle. *Biol. Reprod.*, **66** (6): 1797-1804.

Khonje E.M.H., Kamwanja L.A., 1991. Effects of season of calving and supplementary feeding on the reproductive performance of Malawi Zebu cows on smallholder farms. *In*: 3ème réunion de coordin. FAO/IAEA sur l'amélioration de la productivité du bétail africain, Bingerville (C. Ivoire), 20-25 mai 1991, FAO/IAEA. p.

Kilkenny J. B., 1978. Reproductive performance of beef cows. *World Rev. Anim. Prod.*, 14 (3): 65-74.

Kirkwood R.N. , Cumming D.C., Aherne F.X., 1987. Nutrition and puberty in the female. (46): 177-192.

Knobil Ernst, Neill Jimmy D., 1998. Encyclopedia of reproduction. Academic press ed., 4 vol., 4 768 p.

Knutson R.J., Allrich R.D., 1988. Influence of nutrition on serum concentrations of progesterone, luteinizing hormone and estrous behaviour in dairy heifers. *J. Anim. Sci.*, (66): 90-97.

Kokkonen T, Taponen J, Anttila T, Syrjala Qvist, L, Delavaud C, Chilliard Y, Tuori M, Tesfa A, T, 2005. Effect of body fatness and glucogenic supplement on lipid and protein mobilization and plasma leptin in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88 (3): 1127-1141.

Kolb Erich, 1975. Physiologie des animaux domestiques. Paris, Vigot Frères. ed., 1 vol., 974 p.

Kolver E. S., Roche J. R., Burke C. R., Aspin P. W., 2006. Effect of genotype and diet on milksolids production, body condition, and reproduction of cows milked continuously for 600 days. *61st Conference of the New Zealand Society of Animal Production; Canterbury, New Zealand*, (66): 245-251.

Kumi-Diaka J. , Osori D. , Nagaratnam U., 1980. Spermogram of Sokoto Gudali bulls in relation to season and ration supplementation in northern Nigeria. *British Vet. J.*, 136 (3): 222-227.

Lafortune E., Gauthier D., Hocherau M.T., 1984. Influence de la saison de naissance sur l'établissement de la puberté du taureau créole. *In*: Reproduction des ruminants en zone tropicale. Colloques de l'INRA n° 20, 8-10 juin 1983, Pointe-à-Pitre, 189-198 p.

Landais E., 1983. Analyse des systèmes d'élevage bovin sédentaire du nord de la Côte d'Ivoire. Doctorat d'Etat Sciences Naturelles, Univ. Paris-Sud, Centre d'Orsay, 759 p.

Lanyasunya T. P., Musa H. H., Yang Z. P., Mekki D. M., Mukisira E. A., 2005. Effects of Poor Nutrition on Reproduction of Dairy Stock on Smallholder Farms in the Tropics. *Pakistan Journal of Nutrition*, 4 (2): 117-122.

Liefers S. C., Veerkamp R. F., Te Pas M. F. W., Chilliard Y., Van der Lende T., 2005. Genetic and physiology of leptin in periparturient dairy cows. *Domestic animal endocrinology*, 29: 227-238.

Liefers S C, Veerkamp R F, Te Pas M F W, Delavaud C, Chilliard Y, Van der Lende T, 2003. Leptin concentrations in relation to energy balance, milk yield, intake, live weight, and estrus in dairy cows. *Journal of dairy science*, 86: 799-807.

Little D.A. , Riley J.A., Agyemang K., Jeannin P., 1991. Effect of groundnut cake supplementation during the dry season on productivity characteristics. *Trop Agric (Trinidad)*, 68 (3): 259-262.

Lopez H., Kanitz F. D., Moreira V. R., Satter L. D., Wiltbank M. C., 2004. Reproductive Performance of Dairy Cows Fed Two Concentrations of Phosphorus. *J. Dairy Sci.*, (87): 146-157.

Lopez H., Kanitz F. D., Moreira V. R., Wiltbank M. C., Satter L. D., 2004. Effect of Dietary Phosphorus on Performance of Lactating Dairy Cows: Milk Production and Cow Health. *J. Dairy Sci.*, (87): 139-145.

Mattos A., Staples C. A., Williams J., Amorocho A., McGuire M. A., Thatcher W. W., 2002. Uterine, Ovarian, and Production Responses of Lactating Dairy Cows to Increasing Dietary Concentrations of Menhaden Fish Meal. *J. Dairy Sci.*, (85): 755-764.

Meschy F., Ramirez-Perez A.-H., 2005. Evolutions récentes des recommandations d'apport en phosphore pour les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 18, 175-182.

Meyer C., 2002. Etat corporel et production chez les bovins (fiches techniques). In: Mémento de l'agronome (CDrom n°1). Cirad/Gret/Ministère des Affaires Etrangères ed., 1 vol., 5 p.

Meyer C., Denis J.-P., ed. sci., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale [Dairy cattle production in the tropics]. Montpellier, France, Cirad-emvt (Collection techniques) Cirad. ed., 1 vol., 314 p.

Meyer C., Yesso P., 1988. Etude des variations de la cyclicité chez la vache N'Dama et Baoulé (West african Shorthorn) en station. In: Atelier de travail FAO/IAEA sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique de l'Ouest et centrale. 1er, Addis Ababa (Ethio.), 7-11 mars 1988, Rome (ITA) : FAO. In : Rapport du premier atelier de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique de l'Ouest et centrale. Projet sur l'amélioration et la conservation du bétail trypanotolérant en Afrique de l'Ouest (GCP/RAF/19- 0/ITA). 2 p.

Meyer C., Yesso P., Yo T., 1992. La puberté de génisses N'dama, Baoulé et métis. Influence de l'alimentation. In: 7ème conférence internationale IMVT, Yamoussoukro (Civ), sept 1992, p. 379-384.

Mukasa-Mugerwa E., 1989. A review of a reproductive performance of female Bos indicus (zebu) cattle. Addis-Ababa, ILCA monographie n° 6 ed., 1 vol., 134 p.

Mulato Christian, 1989. Interface alimentation-reproduction en zones arides et semi-arides dans les conditions d'élevage extensif. Synthèse bibliographique. DESS Productions animales en régions chaudes. Année universitaire 1988-89, IEMVT / ENVA, Maisons-Alfort (FRA) / INAPG, Paris (FRA) / Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (FRA), Maisons-Alfort, France, 60 p.

Mulugeta Kebede, Gebre Egziabher Gebreyohanes, Gizaw kebede, 1999. Effect of supplementation on growth of heifers and post partum reproductive performance of pregnant horro cows at Bako Research Center. Ethiopian Society of Animal Production, 2000: 404-409.

Ocon O. M., Hansen P. J., 2003. Disruption of Bovine Oocytes and Preimplantation Embryos by Urea and Acidic pH. *J. Dairy Sci.*, 86 (4): 1194 - 1200.

Paparella G., 1974. Physiologie et pathologie de la reproduction chez le zébu. Mémoire pour le titre Maître es Sciences Véter., ENVA, patho de la reproduction, 216 p.+ bilio. XXIII p.

Parkinson T.J., 1985. Seasonal variation in semen quality of bulls and correlations with metabolic and endocrine parameters. *The Veterinary Record*, (117): 303-307.

Petherick J., 2005. A review of some factors affecting the expression of libido in beef cattle, and individual bull and herd fertility. *Applied Animal Behaviour Science*, **90** (3-4): 185-205.

Pleasant A. B., Chagas L. M., Burke C. R., Smith J. F., Soboleva T. K., Peterson A. J., 2005. Relationships among metabolic hormones, luteinizing hormone and anoestrus in periparturient dairy heifers fed two nutritional levels prepartum. *61st Conference of the New Zealand Society of Animal Production; Canterbury, New Zealand*, (65): 329-334.

Ponter A. A., Parsy A. E., Saade M., Mialot J. P., Ficheux C., Grimard B., 2006. Effect of a supplement rich in linolenic acid added to the diet of post partum dairy cows on ovarian follicle growth, and milk and plasma fatty acid compositions. *Reproduction, Nutrition, Development*, **46** (1): 19-29.

Prasad C., Gowda N., 2005. Importance of trace minerals and relevance of their supplementation in tropical animal feeding system: A review. *Indian Journal of Animal Sciences*, **75** (1): 92-100.

Randel R. D., 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.*, (68): 853-862.

Rhoads M. L., Gilbert R. O., Lucy M. C., Butler W. R., 2004. Effects of Urea Infusion on the Uterine Luminal Environment of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, **87** (9): 2896-2901.

Richard M., 1976. Alimentation et fertilité des bovins. Cours de chef de centre d'insémination artificielle. Rambouillet, CEZ.

Richards M.W., Wetteman R.P., Shoe-Nemann H.M., 1989. Nutritional anestrus in beef cows. Body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.*, 67(6): 1520-1526.

Roche J. R., Berry D. P., 2006. Periparturient climatic, animal, and management factors influencing the incidence of milk fever in grazing systems. *Journal of Dairy Science*, **89** (7): 2775-2783.

Rossow N., 2005. Energetic deficit and reproductive efficiency in high yielding cows - Energetický deficit a reprodukční výkonnost u vysokoužitkových dojnic. *Veterinarství*, **55** (2): 77-79.

Schmitt J., 1975. Influence d'un haut niveau énergétique sur la fertilité des femelles bovines. Thèse de Doctorat Vétérinaire, ENVL, Lyon.

Short R.E., Bellows R.A., 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performances in heifers. *J. Anim. Sci.*, 32 (1): 127-131.

Siemens M., VanDerVeldt K., 2006. Body Condition, Nutrition and Reproduction of Beef Cows. 18 p. [www.uwex.edu/ces/cwas/livestock/documents/Bodyslid.pdf](http://www.uwex.edu/ces/cwas/livestock/documents/Bodyslid.pdf). [consulté le 17 janvier 2006].

Staples C. R., Burke J. M., Thatcher W. W., 1998. Influence of Supplemental Fats on Reproductive Tissues and Performance of Lactating Cows. In : Symposium: optimizing energy nutrition for reproducing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, (81): 856-871.

Staples C., Mattos R., Boken S., Sollenberger L., Thatcher W., Jenkins T., 2001. Feeding fatty acids for fertility. In: 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, Best Western, Gainesville, FL, Department of Animal Sciences University of Florida. 71-85 p.

Steffan J., Humblot P., 1985. Relations entre pathologies du post-partum, âge, état corporel, niveau de production laitière et paramètres de reproduction. In: Mieux connaître, comprendre et maîtriser la fécondité bovine, Paris, 17-18 oct. 1985, Soc. Franç. de Buïatrie.

Stein D. R., Allen D. T., Perry E. B., Bruner J. C., Gates K. W., Rehberger T. G., Mertz K., Jones D., Spicer L. J., 2006. Effects of feeding propionibacteria to dairy cows on milk yield, milk components, and reproduction. *Journal of Dairy Science*, **89** (1): 111-125.

Tillard Emmanuel, 2000. Etude des facteurs de risque de l'infertilité en élevages bovins laitiers : approche écopathologique. Magazine CIRAD Réunion. Spécial rapport annuel 1999 = ISSN 1263-2937, (17): 46-48.

Tillard E., 2007. Approche globale des facteurs associés à l'infertilité et l'infécondité chez la vache laitière : importance relative des facteurs nutritionnels et des troubles sanitaires dans les élevages de l'île de la Réunion. Thèse d'Université, SupAgro, Université Montpellier II, Montpellier, 387 p.

Thatcher W. W., Bilby T. R., Bartolome J. A., Silvestre F., Staples C. R., Santos J. E. P., 2006. Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. *Theriogenology*, **65** (1): 30-44.

Thomas M. G., Enns R. M., Hallford D. M., Keisler D. H., Obeidat B. S., Morrison C. D., Hernandez J. A., Bryant W. D., Flores R., Lopez R., Narro L., 2002. Relationships of metabolic hormones and serum glucose to growth and reproductive development in performance-tested Angus, Brangus, and Brahman bulls. *J. Anim. Sci.*, (80): 757-767.

Vall E. , Bayala I., 2004. Note d'état corporel des zébus soudaniens. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Procordel, Cirdes, 8 p.

Vall Eric, Meyer C., Abakar O., Dongmo Ngoutsop A. L., 2002. Note d'état corporel des zébus de trait (NEC) : un outil simple pour piloter l'alimentation. N'Djamena, Prasac / Cemac/ Cirad/ Irad / Coraf, p.

van Knegsel A. A. M., Brand H. v. d., Dijkstra J. J., Tamminga S. S., Kemp B. B., 2005. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reproduction, Nutrition, Development*, **45** (6): 665-688.

Velasquez-Pereira J., Prichard D., McDowell L. R., Chenoweth P. J., Riscq C. A., Staples C. R., Martin F. G., Calhoun M. C., Rojas L. X., Williams S. N., Wilkinson N. S., 1998. Long-term Effects of Gossypol and Vitamin E in the Diets of Dairy Bulls. *J. Dairy Sci.*, (81): 2475-2484.

Vieira A., Lobato J. F. P., Correa E. S., Torres J. R. A. d. A., Cezar I. M., 2005. Nelore cows productivity on *Brachiaria decumbens* Stapf pasture on the Cerrado region of Central Brazil - Produtividade e eficiencia de vacas Nelore em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf nos Cerrados do Brasil Central. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **34** (4): 1357-1365.

Wilson R.T., 1985. Livestock production in central Mali : reproductive aspects of sedentary cows. *Animal Reprod. Science.*, (9): 1-9.

Woclawek P. I., Bah M. M., Korzekwa A., Piskula M. K., Wiczowski W., Depta A., Skarzynski D. J., 2005. Soybean-derived phytoestrogens regulate prostaglandin secretion in endometrium during cattle estrous cycle and early pregnancy. *Experimental Biology and Medicine*, **230** (3): 189-199.

Wolter R., 1976. A propos de l'alimentation de la vache laitière au cours des mois qui entourent le vêlage. *Revue de Méd. vét.*, 127 (11): 1465-1492.

Wolter Roger, 1994. Alimentation de la vache laitière. Paris, Ed. France Agricole (Produire mieux) 2nde ed., 1 vol., 255 p.

Zdunczyk S., Janowski T., Baranski W., Ras M., 2006. Studies on the effect of isoflavones on postpartum ovarian activity in cows. - Untersuchungen zum Einfluss von Isoflavonen auf die postpartale Ovaraktivität bei Kühen. *Tierärztliche Umschau*, **61** (3): 127-132.



## ANNEXES

### Annexe 1 : Besoins alimentaires de la vache laitière (Meyer et Denis, 1999)

Besoins	Poids vif du bovin (kg)	Energie (UFL)	Matières azotées		Minéraux	
			PDI (g)	MAD (g)	Ca (g)	P (g)
Entretien	200	2,2	173	160	12	7
	400	3,7	291	268	24	17
	600	5,0	394	360	36	27
Gestation 7 <sup>e</sup> au 9 <sup>e</sup> mois	-	7 <sup>e</sup> mois + 20 % 8 <sup>e</sup> mois + 30 % 9 <sup>e</sup> mois + 50 %	+ 50 %		+ 25-50 %	+ 20-50 %
Lactation (par kg de lait)	-	+ 0,41-0,54 selon le taux de matières grasses	48	60	3,5	1,7

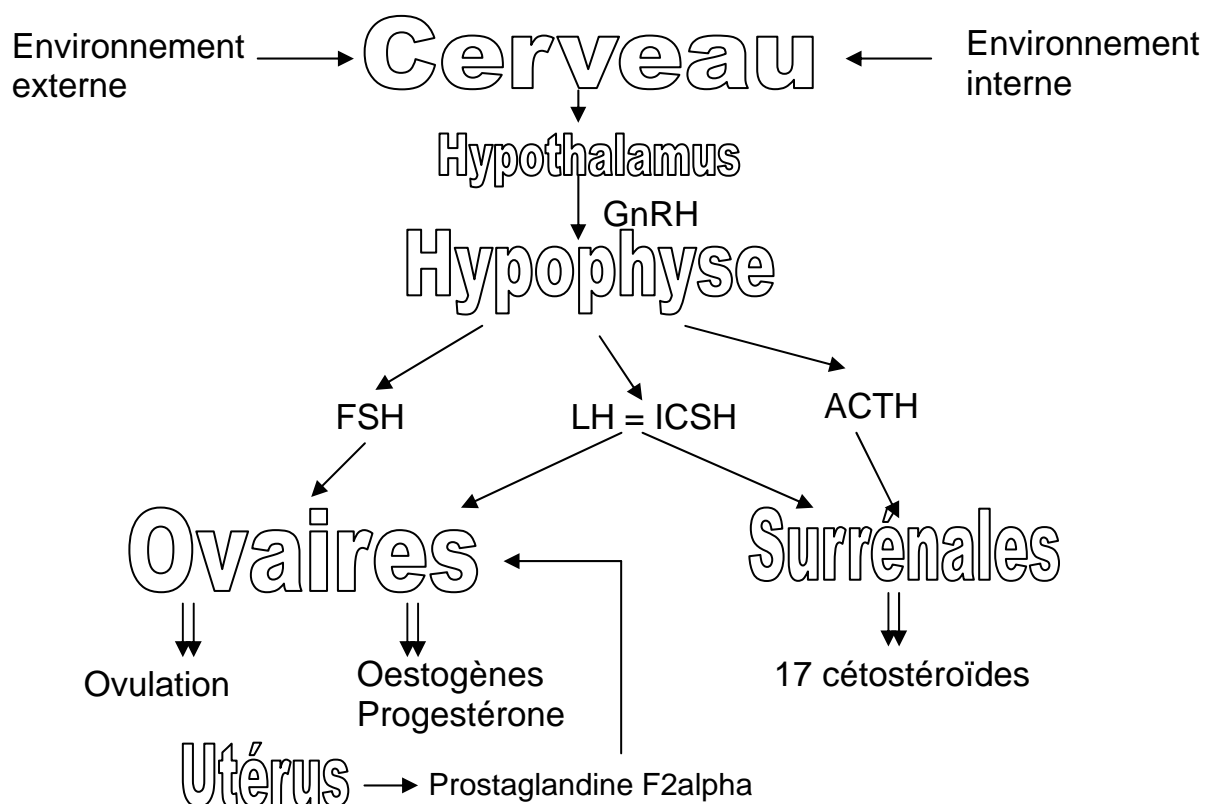


Figure 2 : Schéma simplifié de la régulation hormonale de la reproduction chez la femelle



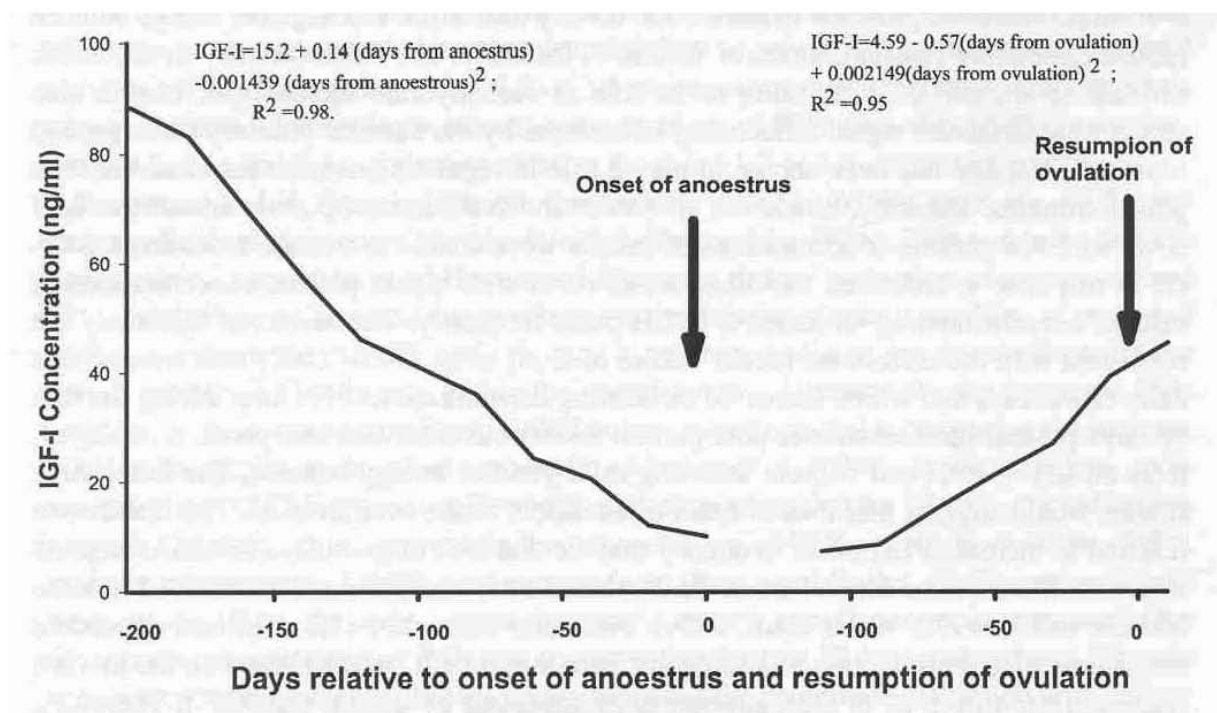


Figure 4 : Concentrations moyenne d'IGF-I chez des génisses à viande pendant la restriction alimentaire et pendant la réalimentation normalisée et rapports avec l'anoestrus et l'ovulation

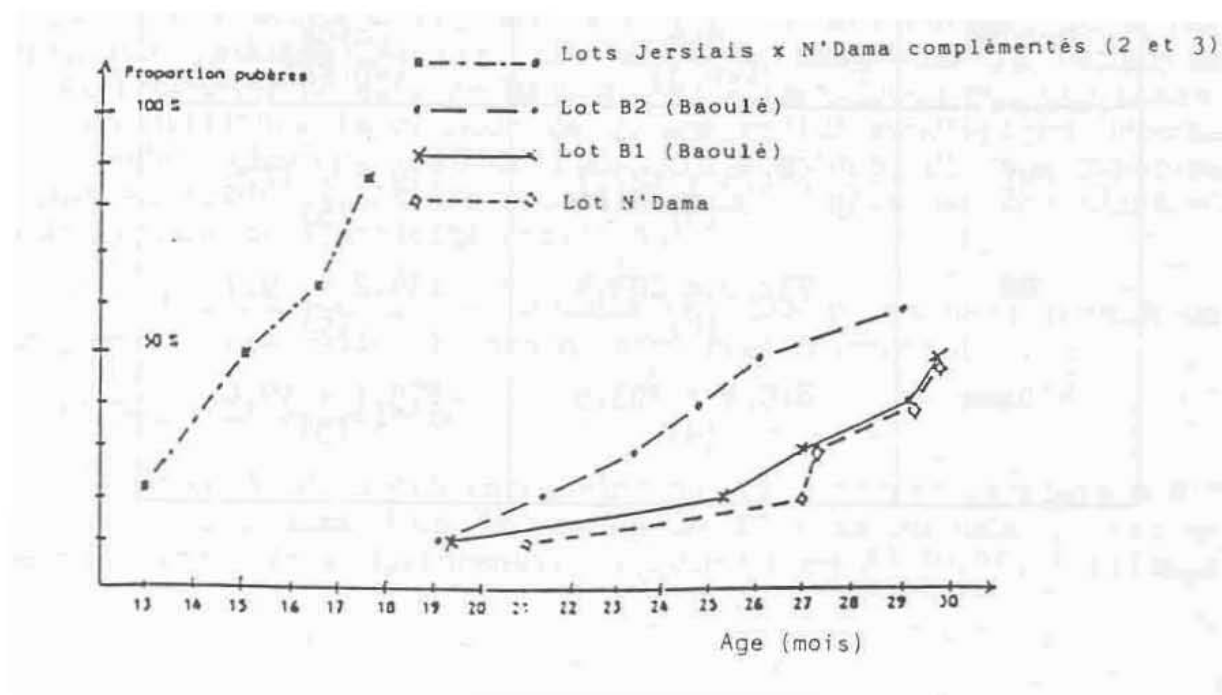


Figure 5 : Proportion de génisses pubères selon l'âge

- 22 génisses Jersiais x N'Dama complémentées, lots 2 et 3 (1 ou 2 kg de mélasse et 0,4 ou 0,8 kg de tourteau de coton par jour)
- 10 génisses Baoulé complémentées B2 (1,5 kg de mélasse et 0,4 kg de tourteau de coton par jour)
- x 10 génisses Baoulé complémentées B1 (1,0 kg de mélasse et 0,2 kg de tourteau de coton par jour)
- ◇ 10 génisses N'Dama complémentées (1,5 kg de mélasse et 0,4 kg de tourteau de coton par jour)

Photo de couverture : Une vache N'Damance (N'Dama x Abondance) et son veau en Côte d'Ivoire (C. Meyer).